

Titre général : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

Titre du volume : 1900. 5e série, tome 6. 2e semestre

Mots-clés : Progrès scientifique et techniqueInnovations * France * 1900-1945

Description : [2]-912 p. : ill., 2 pl. ; 26 cm

Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1900

Cote de l'exemplaire : BSPI.100

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.100>

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

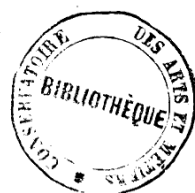
SÉANCE GÉNÉRALE DU 8 JUIN 1900

PRÉSIDENCE DE M. AD. CARNOT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Le fauteuil de la présidence est occupé par M. AD. CARNOT, *président de la Société*. A ses côtés siègent : MM. Lavalard, Levasseur, Linder, vice-présidents, et M. Collignon, secrétaire de la Société.

M. le *Président* ouvre la séance par le discours suivant :



DISCOURS DE M. ADOLPHE CARNOT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESDAMES, MESSIEURS, MES CHERS COLLÈGUES,

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale remplit, cette année, dans le monde industriel, un rôle bien modeste à côté de la merveilleuse Exposition universelle de Paris, où se sont rassemblées, venues de tous les points du globe, les plus admirables productions des arts et de l'industrie. Quel magnifique épanouissement du génie humain ! Quelle incomparable manifestation de sa puissance créatrice ! On est confondu d'étonnement en voyant les progrès qui se sont accomplis dans l'espace d'un siècle, comme permet de le faire l'Exposition centennale, si pleine d'enseignements.

Le siècle qui a fait de si étonnants progrès est aussi celui qui a vu naître et se développer notre Société, puisqu'elle date de 1801. Je ne fais pas ce rapprochement dans le but d'exalter la part que notre Société a pu prendre dans le mouvement industriel qui s'est produit ; mais elle n'y a pas été non plus tout à fait étrangère.

Elle eut pour fondateurs des hommes du premier mérite dans l'ordre des sciences, de l'industrie, de l'administration : Chaptal, Berthollet, Vauquelin, Monge, Montgolfier, Prony, Coulomb, de Candolle, Benjamin Delessert, Ternaux, Laffitte, de Gérando et d'autres encore. Comme vous le disait si bien, à cette même place, M. Tisserand, il y a quelques années, ces hommes étaient animés d'un sincère et clairvoyant patriotisme ; ils avaient à cœur de donner à la France, à côté de la gloire éphémère des armes, qui était alors éclatante, une grandeur plus durable, celle que créent, à la faveur de la paix, l'activité industrielle et commerciale et la prospérité agricole. C'est dans ce but qu'ils se réunirent pour jeter les bases de notre Société.

Elle s'est développée depuis, en restant fidèle à leur pensée, et s'est, durant tout ce siècle, attachée à susciter comme ils l'avaient voulu eux-mêmes, au profit du pays, les progrès de l'industrie et de l'agriculture par

une étroite union avec la science. Tel est bien le caractère de notre Société.

Son influence a été, sans doute, plus considérable au début qu'elle ne peut l'être aujourd'hui ; car elle était seule alors à représenter le progrès et elle agissait sur un terrain où tout était à créer, tandis que maintenant chaque branche de la science ou de l'industrie possède son organisation particulière, sa société, son comité ou son syndicat. Grâce à des réunions fréquentes ou encore par le moyen de la presse scientifique, toutes les découvertes ou inventions nouvelles parviennent bien vite à la connaissance des intéressés. Le rôle de vulgarisation et de groupement protecteur que notre Société remplissait à peu près seule autrefois, est donc aujourd'hui partagé entre une multitude d'associations diverses.

Nous n'avons certes pas à le regretter, car l'action ainsi multipliée arrive à être beaucoup plus efficace que ne saurait l'être celle d'une société unique, quelque bien intentionnée qu'elle soit. Mais il en résulte que, pour continuer plus utilement notre rôle auprès de l'industrie nationale, nous devons modifier notre système d'encouragements en l'adaptant le mieux aux conditions modernes.

C'est effectivement ce que nous avons fait et, depuis cinq ou six ans, sous l'impulsion de quelques-uns de nos membres les plus actifs, nous sommes résolument entrés dans une voie nouvelle. Nous avons ajouté à notre système ancien des récompenses données aux auteurs d'inventions ou de procédés technologiques nouveaux, jugés dignes de succès, celui des subventions accordées à de jeunes savants pour obtenir d'eux un travail déterminé à l'avance et utile à l'industrie. On peut arriver de cette manière à éclairer tel ou tel point obscur d'une fabrication et à développer, en la fondant sur des données expérimentales précises, telle ou telle branche d'industrie jusque-là confinée dans des traditions empiriques, sans progrès possible.

Chaque année, la Société consacre une certaine somme à de semblables subventions pour des travaux de laboratoire à exécuter sous son patronage et sous la direction des comités compétents. Elle a eu la très grande satisfaction de provoquer ainsi des travaux d'une grande valeur et d'une utilité pratique incontestable.

Je dois mentionner d'une façon particulière ceux qui ont été groupés sous le nom de *Travaux de la Commission des alliages* et qui, après avoir été publiés dans le *Bulletin* de la Société au fur et à mesure de leur achèvement, vont être réunis tout prochainement en un fascicule unique, où ils

seront plus faciles à juger dans leur ensemble. Nous donnerons en même temps la liste des sociétés ou des personnes qui ont marqué leur intérêt pour ces recherches, en versant à la Société des souscriptions particulières qui se sont ajoutées aux crédits votés par notre Conseil. Nous leur adressons ici nos remerciements les plus vifs et les plus sincères, d'autant plus qu'elles ont donné un bon exemple, capable de susciter des imitateurs. Aux États-Unis, de riches particuliers donnent volontiers leur concours à des œuvres d'utilité publique, à des fondations ou à des dotations d'écoles et de laboratoires. Il serait fort à désirer que pareil usage prît pied en France, et c'est un peu ce qui est arrivé dans l'occasion présente.

Je crois pouvoir dire que les libéralités reçues ont été bien employées ; car les publications que nous avons faites sur les alliages métalliques ont éveillé l'attention des savants étrangers et des industriels. La plupart d'entre elles ont été reproduites *in extenso* dans les journaux techniques américains, anglais et allemands et elles ont été le point de départ de nombreuses recherches de même nature.

Les études de M. *Henri Gautier* sur la *Fusibilité des alliages métalliques* (1) ont été suivies, en Angleterre, des recherches de M. Roberts Austen sur la fusibilité des aciers, et de celles de MM. Heycock et Neville. D'autre part, plusieurs fondeurs en zinc et en bronze d'art, intéressés à ces questions de fusibilité, sont venus demander à la Société des renseignements complémentaires, pour les faire servir à leur fabrication.

Les recherches de M^{me} *Skłodowska-Curie* sur les *Propriétés magnétiques des aciers trempés* (2) ont été contrôlées et vérifiées dans le laboratoire des aciéries Böhler, en Styrie ; elles ont conduit à la détermination d'un acier à aimant type, qui est aujourd'hui d'un usage général en Allemagne pour les signaux de chemins de fer.

Les travaux de M. *Charpy* ont eu encore plus de retentissement. Ils ont été discutés en Angleterre et aux États-Unis. Les nouvelles expériences faites ont confirmé dans leur ensemble les résultats des premières recherches, en même temps qu'elles les ont complétées sur quelques points de détail. Le mémoire sur les *Alliages blancs*, dits *antifriction* (3) ont particulièrement appelé l'attention, en raison de l'intérêt que ces alliages présentent pour les chemins de fer.

(1) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, 1896, p. 1293.

(2) *Ibid.*, 1898, p. 36.

(3) *Ibid.*, 1898, p. 670.

On peut donc dire que toutes les recherches entreprises sous la direction de la commission des alliages ont eu une répercussion presque immédiate. C'est là un résultat très rare pour des recherches scientifiques exécutées dans des laboratoires particuliers, en dehors des ateliers industriels, où de semblables travaux peuvent trouver des applications immédiates.

En outre des recherches sur les métaux et alliages, je dois vous signaler quelques autres mémoires fort intéressants, écrits à la suite de recherches que nous avons encouragées, notamment ceux de M. *Deval*, publiés dans nos bulletins de janvier et février dernier, sur les *Variations de volume des liants hydrauliques* et sur les *Essais des ciments par filtration*, qui ont été complétés par une note de notre collègue, M. *H. Le Chatelier*, sur les *Changements qui accompagnent le durcissement des ciments*.

Si notre Société exerce une influence heureuse par les travaux qu'elle suscite ou qu'elle encourage, elle exerce aussi son action sur le monde industriel par la vulgarisation des connaissances techniques les plus modernes, vulgarisation à laquelle concourent et son *Bulletin* et ses *Conférences*.

Nous ne saurions trop remercier nos savants collaborateurs du concours désintéressé qu'ils nous apportent, du temps et du travail qu'ils consacrent à écrire ces articles si intéressants ou à préparer ces conférences à la fois attrayantes et pleines de faits, que nous sommes heureux d'applaudir chaque mois.

Permettez-moi de vous rappeler les titres de quelques-unes de ces conférences et de quelques-uns des plus importants de ces mémoires, publiés par notre *Bulletin* pendant cette dernière année.

Dans le domaine des arts textiles, M. *Simon* nous a donné la description inédite des métiers de *Seaton* et de *Northrop* (1), qui excitent actuellement un si vif intérêt au Palais des tissus à l'Exposition. En mécanique, MM. *Bertin* (2), *Devé* (3) et *Lefer* (4) nous ont apporté, sur les *Machines marines*, les *Vérifications optiques des lignes et surfaces des machines* et le *Fonctionnement des machines à vapeur polycylindriques*, des travaux dont le nom seul de leurs auteurs nous dispense de faire l'éloge. M. *Baclé*, aujourd'hui notre collègue au Comité des Arts chimiques, nous a donné sur les *Plaques*

(1) Novembre 1899 et janvier 1900.

(2) Octobre 1899.

(3) Juillet 1899.

(4) Janvier 1900.

de blindage (1) un véritable ouvrage, reconnu partout comme le plus important sur cette importante question. Nous venons de commencer la publication du mémoire de M. *de Chasseloup-Laubat* sur les *Marines de guerre modernes* (2), qui constitue une monographie complète de ce sujet, d'un si vif intérêt national. La publication du mémoire de M. *Pérard* sur les *Pêches maritimes* (3) a très vivement attiré l'attention de tous ceux qui s'intéressent à cette industrie, trop négligée chez nous et qui pourrait, si l'on s'inspirait mieux des progrès réalisés à l'étranger, devenir un élément important de notre fortune publique. Dans le domaine de l'économie politique, nous avons publié sur la *Situation de l'industrie en Amérique et en Angleterre*, et sur la *Comparaison du travail à la main et à la machine*, des études très remarquables et des plus actuelles dues à M. *Biard* (4), ingénieur à la Compagnie de l'Est et à notre collègue M. *Levasseur* (5), qui, malgré son âge et ses innombrables occupations, ne se refuse jamais à l'accomplissement d'une tâche, qui peut faire quelque bien. En chimie. M. *Haller* nous a donné, comme d'habitude, sa revue annuelle des progrès de l'*Industrie des essences et des parfums* (6), si estimée de tous ceux qui s'intéressent à cette importante industrie, encore en pleine prospérité chez nous; M. *Vogt* a publié des recherches très intéressantes et nouvelles sur les *Porcelaines chinoises* (7), pleines de documents inédits et curieux sur une fabrication longtemps mystérieuse; M. *Livache* a, dans notre dernier bulletin, complété fort heureusement les renseignements qu'il nous avait rapportés d'Amérique sur le *Traitement des ordures ménagères*, question qui a été traitée à un autre point de vue dans la conférence de M. *Vincey*. Lorsque sa publication sera terminée, le mémoire de M. *Guénaux* (8), lauréat de notre Comité d'Agriculture, sur la *Plaine de Caen*, constituera une monographie des plus intéressantes sur cette région agricole. Nous publierons bientôt les communications : de M. *Gall* sur l'*Électrochimie* en 1900, de M. *Hirsch* sur les *Automobiles*, de M. le commandant *Renard* sur l'*Aéronautique*, de M. *Candlot* sur l'*Industrie des ciments*, de M. *Janet* sur celle de l'*Acéty-*

(1) *Bulletin* de novembre et décembre 1899.

(2) Mars et mai 1900.

(3) Septembre 1899.

(4) Avril 1900.

(5) Février et mars 1900.

(6) Juillet 1899.

(7) Avril 1900.

(8) Février, mars et mai 1900.

lène, de M. Garcher sur la *Céramique en Allemagne*, de M. Ronna sur les *Maisons incombustibles aux États-Unis*, de M. Pillet sur le *Montage des ponts et des grands buildings aux États-Unis*, de M. Lindet sur l'*Origine des moulins à blé*. Il y a là, vous le voyez, en dehors des rapports fondamentaux de nos Comités, trop nombreux pour que je puisse les énumérer ici, tout un ensemble de travaux de premier ordre, dont la source, nous l'espérons, ne tarira jamais et dont l'importance justifie largement les sacrifices que nous n'hésitons pas à faire pour leur publication dans notre *Bulletin*.

Arrivons maintenant à l'objet principal de notre réunion d'aujourd'hui : la distribution des récompenses de la Société à ses lauréats.

La première récompense est la *grande médaille d'or* de la Société. Chaque année, sur la proposition de l'un des six comités du Conseil, cette grande médaille est décernée à l'auteur, français ou étranger, dont les travaux ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française pendant le cours des six années précédentes ; elle est attribuée successivement aux travaux qui se rapportent au commerce, à la mécanique, à la chimie, aux beaux-arts, à l'agriculture, enfin aux sciences physiques. Cette année, c'est le tour des sciences physiques, et la médaille est à l'effigie d'Ampère. Notre dernier lauréat de cette médaille fut, en 1874, l'illustre savant anglais lord Kelvin (William Thomson), l'une des gloires de notre siècle, dont les titres éminents furent exposés dans le rapport fait à la Société par son émule et ami, M. Mascart. C'est encore à un électricien, que nous décernons aujourd'hui notre médaille d'Ampère, et c'est également M. Mascart qui, tout à l'heure, vous dira les titres scientifiques qui méritent à M. Alfred Potier cette haute récompense. Nul ne pouvait le faire avec plus d'autorité. Je me garderai d'aborder moi-même ce sujet ; mais je ne résiste pas au plaisir de vous dire le désintéressement, l'abnégation avec laquelle M. Potier met à la disposition de chacun les trésors de son savoir et de son intelligence supérieure. On ne peut se faire une idée de l'importance des services rendus par M. Potier à l'industrie électrique, grâce aux conseils qu'il donne presque chaque jour à ceux qui ont recours à son inépuisable libéralité. C'est donc à l'homme de bien, à l'homme généreux et bon, en même temps qu'à l'homme de science éminent, que s'adressent nos hommages.

Après le savant, qui est l'initiateur, celui dont la pensée éclaire au loin la voie du progrès, nous récompenserons aussi son auxiliaire indispensable,

L'ouvrier, celui qui apporte à sa tâche non seulement le travail de ses bras, mais souvent aussi le dévouement moral le plus complet. Notre *Société d'Encouragement* n'a jamais oublié de faire aux ouvriers méritants la part la plus large qu'il lui est possible. Elle leur distribue, chaque année, des médailles d'honneur, comme nous le ferons dans quelques instants, et, en outre, elle dispose en leur faveur de quelques récompenses plus élevées. Tel est le cas du prix Fourcade, de 1 000 francs, qui est décerné, conformément aux volontés expresses du donateur, au simple ouvrier d'une industrie chimique ayant le plus grand nombre d'années de service dans une même maison. Ce prix est attribué cette année à M. *Naviaux*, ouvrier depuis quarante-neuf ans dans l'établissement Parent.

Les autres prix, dont j'ai à vous entretenir, sont les prix accordés par notre Conseil, sur la proposition des comités spéciaux, aux travaux originaux relatifs à des sujets mis au concours.

Je vous parlerai d'abord du prix des Arts mécaniques.

Les progrès de la mécanique appliquée ont été depuis longtemps, mais depuis une dizaine d'années surtout, véritablement merveilleux. L'on résout aujourd'hui presque en se jouant des problèmes de construction, qui auraient paru presque irréalisables industriellement, il y a une vingtaine d'années à peine. Les causes de ces progrès étonnants sont multiples ; on peut dire que toutes les sciences y contribuent : la chimie, par les perfectionnements de la métallurgie, qui met à la disposition des constructeurs des matériaux plus résistants, plus souples au façonnage et plus sûrs ; la physique, par une connaissance plus approfondie des lois de la thermodynamique ; les mathématiques, par l'application de plus en plus précise du calcul à l'étude du jeu des forces et des mouvements mis en œuvre dans les moteurs et les mécanismes. Mais il faut signaler aussi, parmi les causes de ces progrès, le développement si remarquable des machines-outils. Grâce à ces machines, on peut aujourd'hui exécuter, avec une précision extrême, les pièces de machines les plus compliquées ; obtenir ainsi, avec des ouvriers peu nombreux et bien payés, des machines beaucoup moins coûteuses et mieux faites que par les anciens procédés. On ne saurait donc trop encourager les études, qui ont pour but d'étendre encore nos connaissances sur le fonctionnement et le travail des machines-outils.

C'est dans cet esprit que notre Comité des Arts mécaniques a institué un prix de 2 000 francs pour une étude sur le travail des machines-outils. L'année passée, nous avons décerné ce prix à MM. Frémont et Huiller, dont les

remarquables recherches ont été publiées dans notre *Bulletin*. Notre lauréat de cette année est M. *Codron*, professeur à l'Institut industriel du Nord, à Lille. Chargé du cours de machines-outils, M. Codron ne s'est pas borné à la description des principales machines actuellement employées dans les ateliers et à l'exposé des connaissances acquises à leur sujet; il s'est en outre livré à des recherches expérimentales personnelles sur le fonctionnement, le travail et le rendement de ces machines et de leurs outils. La publication de ces résultats inédits, qui sera bientôt faite dans notre *Bulletin*, rendra les plus grands services aux mécaniciens et montrera combien est méritée la haute récompense que nous sommes heureux d'accorder aujourd'hui à M. Codron.

Notre Comité des Arts chimiques décerne son prix de 2 000 francs « pour une publication utile à l'industrie chimique » à MM. *Charabot*, *Dupont* et *Pillet*, auteurs d'un très intéressant ouvrage sur les *huiles essentielles* et leurs principaux constituants. M. Vincent vous présentera tout à l'heure l'analyse de cette œuvre, à laquelle il faut reconnaître à la fois une valeur scientifique et une utilité pratique pour l'une de nos industries chimiques des plus intéressantes.

Le même Comité des Arts chimiques a institué deux prix annuels, de 500 francs chacun, pour récompenser des recherches scientifiques de chimie utiles à l'industrie. Il a, de cette façon, décidé de jeunes chimistes à orienter dans un sens pratique leurs travaux de laboratoire. Ces prix sont attribués, cette année, l'un à M. *Blanc*, pour ses travaux sur la *Constitution du camphre*, l'autre à M. *Halphen*, pour ses travaux sur l'*Analyse des corps gras*. Vous entendrez bientôt le rapport de M. *Lindet* sur les travaux de M. Blanc; ceux de M. Halphen ont été exposés dans le rapport de notre collègue, M. *Livache*.

M. *Granger*, chimiste à la manufacture de Sèvres, dont nous publierons bientôt l'intéressante conférence sur la *Céramique en Allemagne*, a mérité un encouragement de 500 francs pour ses études sur l'*Application du bleu de tungstène à la céramique*, sur le rapport de M. *Lindet*.

Notre Comité d'Agriculture a institué, en 1899, un prix de 2 000 francs pour « une étude chimique et agricole sur la pomme de terre alimentaire », étude qui, malgré son extrême importance (puisque la valeur de la production annuelle de la pomme de terre alimentaire dépasse, en France, 670 millions), avait été jusqu'à présent singulièrement négligée. MM. *Caudon* et *Boussard* nous ont apporté un excellent mémoire, dont M. *Muntz* vous

donnera l'analyse. Bien que ne répondant pas entièrement au programme du prix, ce mémoire a mérité à leurs auteurs un encouragement de 1 000 francs.

Vous pourrez juger, Messieurs, par cette liste de prix et, de plus, par celle de nos médailles, sur lesquelles le temps m'empêche d'insister, que notre Société demeure bien fidèle à la mission qu'elle s'est donnée d'encourager de son mieux, par des prix et des récompenses, les savants, les inventeurs et les industriels dans toutes les branches de son vaste domaine.

Il nous reste, Messieurs, à rendre un dernier hommage à la mémoire de ceux de nos collègues que la mort a enlevés cette année.

Nous avons perdu trois membres du Conseil : MM. Jordan, Mayer et Polonceau ; deux membres correspondants de nos Comités : MM. Michel Perret et Petit de Forest, et cinq membres de la Société : MM. Chiris, Fouché-Lepelletier, Sigaut, Simon et H. de Vilmorin.

Je ne puis, faute de temps, adresser aux familles de tous nos collègues disparus l'expression de nos meilleures sympathies. Mais je vous demanderai quelques minutes encore pour vous rappeler la physionomie des trois membres du Conseil, que tous vous avez connus personnellement et dont nous déplorons la perte.

M. *Samson Jordan* était depuis dix ans membre de notre Comité des Arts chimiques ; il y avait été appelé par sa légitime réputation d'éminent métallurgiste. Il s'était voué à la métallurgie dès sa sortie de l'École centrale, en 1854 ; il avait passé sept ou huit ans à Marseille, chargé d'abord de la construction des hauts fourneaux de Saint-Louis et ensuite de la direction de la Société du gaz et des usines de Marseille et de Porte et Sénéchas. Il y avait acquis une expérience pratique, qui le distingua dans toute sa carrière, en même temps que ses connaissances scientifiques lui permirent de tenter avec succès d'importantes innovations.

C'est à lui, par exemple, qu'on doit la fabrication pratique du ferromanganèse dans les hauts fourneaux, mode de fabrication beaucoup plus économique que celui qui se pratique avec les creusets ou les fours Siemens. Il s'attacha de bonne heure au procédé Bessemer et l'expliqua par les théories thermo-chimiques.

Administrateur de sociétés nombreuses, membre du Comité des Forges de France, membre du Comité consultatif des arts et manufactures, professeur titulaire à l'École centrale depuis 1865, trois fois vice-président et, en

1874, président de la Société des Ingénieurs civils, il eut une existence prodigieusement remplie.

Il trouva néanmoins le temps d'écrire un grand nombre de mémoires ou de notes métallurgiques et de faire paraître un *Album du Cours de métallurgie*, professé à l'École centrale, qui reste la seule trace écrite de son très remarquable enseignement.

Jordan n'était pas seulement un ingénieur et un professeur éminent, un esprit sûr et profond, c'était un homme d'une haute intégrité, d'une droiture à toute épreuve, à aspirations élevées, qui a laissé à sa belle et nombreuse famille un grand exemple de travail et de dévouement au bien.

Notre collègue, M. Buquet, a bien voulu se charger de retracer sa carrière dans le *Bulletin* de la Société.

M. *Ernest Polonceau* était membre de notre Comité des Arts mécaniques. Ancien élève de l'École des mines de Paris, il débuta, en 1854, comme ouvrier monteur, puis machiniste à la Compagnie des chemins de fer d'Orléans, où il devint ensuite inspecteur et sous-chef de traction. Il fut deux ans occupé des chemins de fer en Turquie, et devint, en 1872, ingénieur en chef de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État. De 1882 à 1885, il fut directeur du matériel et des ateliers des deux réseaux autrichien et hongrois. Il rentra ensuite en France comme ingénieur en chef du matériel et de la traction à la Compagnie d'Orléans, et, dès lors, il apporta son concours à un grand nombre de Commissions techniques. Notre collègue, M. Linder, qui l'a personnellement beaucoup connu, en Autriche et en France, voudra bien nous donner une notice sur cet ingénieur si distingué, qui a introduit dans le matériel et la traction des chemins de fer des améliorations nombreuses et importantes. Il nous parlera, en même temps, de l'homme privé, qui fit beaucoup de bien et montra, pendant son long séjour à l'étranger, le plus grand dévouement à ses compatriotes.

M. *Ernest Mayer* était, pendant ces dernières années, membre de notre Comité des Arts économiques et ingénieur en chef conseil de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Il était, comme on dit, le fils de ses œuvres. Né d'une famille pauvre, après de bonnes études faites à Bordeaux, il entra comme boursier à l'École centrale et en sortit avec le diplôme d'ingénieur mécanicien.

Il passa quelques années dans les ateliers du Creusot et s'occupa ensuite, avec une sorte de passion, de la traction sur les chemins de fer et en particulier les chemins de fer de montagne.

Entré aux chemins de fer de l'Ouest, il y fit la plus grande partie de sa carrière active, qu'il termina comme ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Il ne s'occupait pas seulement des questions techniques, mais aussi des questions qui touchaient au sort des ouvriers; il contribua pour beaucoup à la création de la caisse de retraites au profit des ouvriers de la Compagnie, et donna tous ses soins à l'administration de cette belle fondation.

Il fit partie du Comité des Arts économiques depuis 1888; les rapports qu'il y présentait étaient préparés avec la plus grande conscience et une parfaite exactitude.

Il avait le jugement droit et sûr, et lorsqu'il s'était formé une opinion, il la soutenait avec une conviction réfléchie, mais aussi avec la courtoisie la plus aimable.

Il laissera des souvenirs durables dans notre Société, où il n'avait que des amis.

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait sur les titres de **M. A. Potier** à la *grande médaille d'or* à l'effigie d'Ampère, par **M. Mascart**, membre du *Comité des Arts économiques*.

La Société d'Encouragement décerne la médaille Ampère, pour l'année 1900, à M. A. Potier, membre de l'Institut.

Nous n'avons pas à invoquer ici, dans la longue carrière scientifique de M. Potier, ses travaux en géologie, comme ingénieur de mines, ni ses recherches théoriques ou expérimentales sur la chaleur et l'optique.

Le Comité a eu surtout en vue de récompenser la part importante prise par M. Potier dans la vulgarisation en France des méthodes inaugurées par Maxwell pour l'étude de l'électricité et son œuvre personnelle sur les problèmes variés que soulèvent les applications industrielles.

Nous rappellerons seulement divers mémoires de M. Potier sur les propriétés des piles dont l'aluminium est une des électrodes, sur la théorie des moteurs à champ tournant et les anomalies de leur fonctionnement, sur les moyens de diminuer l'électrolyse par les courants des tramways, sur le retard apparent des gros noyaux de fer à l'aimantation, sur l'équivalent électrolytique de l'argent, sur les coefficients d'induction propre dans les circuits de courants alternatifs, etc.

En 1881, après avoir apporté un concours éclairé à la Commission d'où est sorti le système d'unités électriques, M. Potier imagina et mit en pratique une méthode nouvelle pour les expériences du Jury sur les courants produits par les machines. A l'Exposition de 1889, il indiquait également un procédé simple, propre à déterminer le travail perdu dans les dynamos en réactions inutiles; il publia ensuite, comme rapporteur du Jury des récompenses, un ouvrage considérable, rempli de faits et de renseignements, qui résume l'ensemble des progrès accomplis à cette époque dans les diverses branches des applications d'électricité et qui sera toujours consulté avec le plus grand profit.

Ce rôle apparent de M. Potier ne constitue cependant que la moindre part des services qu'il a rendus. Depuis près de vingt ans, il n'a cessé d'ac-

cueillir avec une bienveillance inépuisable tous ceux qui ont eu recours à ses précieux conseils. Doué d'une mémoire admirable qui n'oublie rien de ce qui a été appris, d'une rare pénétration d'esprit qui entre aussitôt au cœur des questions, aperçoit les difficultés et les solutions qu'elles comportent, il a acquis une autorité que chacun se plaît à reconnaître, aussi bien dans les problèmes de science pure que dans les détails pratiques de l'industrie. Nombre de savants, d'inventeurs, d'ingénieurs et de constructeurs ont trouvé auprès de lui, soit le redressement ou la mise au point de leurs idées, soit un avis motivé ou un aperçu nouveau, sans que le conseiller eût jamais la pensée de s'en réserver le bénéfice.

On comprend ainsi la véritable affection et le respect qu'inspire à tous les électriciens le nom de M. Potier. C'est pour répondre à ce sentiment général que le Conseil de la Société d'Encouragement s'est trouvé unanime, au nom de l'industrie française, pour lui donner ce témoignage de haute estime.

Nous espérons aussi qu'une telle distinction, qui le met en compagnie de lord Kelvin, sera hautement appréciée par M. Potier et qu'elle lui apportera quelque joie dans l'existence isolée à laquelle son état de santé le condamne malheureusement.

COMITÉ DES ARTS CHIMIQUES

PRIX FOURCADE

RAPPORT de **M. E. Collignon**, secrétaire.

Le prix Fourcade est décerné cette année à M. Naviaux, ouvrier depuis 49 ans aux établissements Parent, à Givet.

Né le 8 mars 1836, M. Naviaux est entré aux usines Parent comme apprenti en 1851; il y est aujourd'hui contremaître. Pendant près d'un demi-siècle, M. Naviaux s'est constamment signalé à l'usine de Givet, par sa conduite exemplaire, et, dans sa famille, par le dévouement avec lequel il aida son frère, ouvrier dans cette même usine, à élever une nombreuse famille. De pareils exemples ont droit à nos plus sincères encouragements, et nous sommes très heureux de pouvoir remettre à M. Naviaux une récompense si dignement méritée.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, par **MM. Polonceau, Sauvage et Brüll**, sur le prix de 2000 francs, pour une *Étude sur le travail des machines-outils*.

M. C. Codron, professeur à l'Institut industriel du Nord, a présenté, en vue du concours pour une étude sur la production des machines-outils façonnant les métaux, institué à nouveau pour 1899, l'autographie de son enseignement sur les outils et les machines-outils travaillant les métaux.

Déjà en 1899, sur le rapport de notre regretté collègue, E. Polonceau, un prix a été attribué à MM. F. Huillier et Ch. Frémont pour l'étude qu'ils ont présentée sur la production des machines-outils façonnant les métaux (1). Ces ingénieurs ont traité les tours, les raboteuses, limeuses, mortaiseuses, de différents genres.

M. Codron a envoyé son cours de l'Institut industriel du Nord, dans lequel se trouvent, en différentes places, de nombreuses descriptions d'outils et de machines-outils employés aux travaux si divers des métaux. Ces descriptions sont suivies de renseignements sur les essais auxquels ont été soumis les outils et les machines et sur les résultats qu'ont fournis ces essais. Bon nombre de ceux-ci ont été effectués par l'auteur lui-même.

Le travail de M. Codron est divisé en deux parties : la première traite des outils et des machines façonnant les métaux sans enlèvement de matière ; la seconde est consacrée à ceux agissant par enlèvement de métal.

Dans la première partie, les rendements de l'outillage et des machines pour le forgeage des métaux sont rapportés ; les marteaux-pilons et les presses ont été spécialement étudiés. Puis, viennent les diverses machines façonnant les métaux par étirage, étampage, perçage, etc., ainsi que celles en usage dans les ateliers de chaudronnerie et de charpentes métalliques. Elles sont étudiées au point de vue de leur action et des diverses conditions de leur fonctionnement.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1899, p. 573.

Après avoir traité des outils servant au façonnage des métaux bruts, M. Codron passe en revue, dans la seconde partie, les outils et machines en usage dans les ateliers de mécanique. Dans cette partie, l'auteur rend compte de nombreux essais faits par lui soit dans les ateliers de l'Institut industriel du Nord, soit dans les ateliers des constructeurs renommés de cette région.

Nous ne donnerons pas ici une analyse de l'important travail présenté, celle-ci pourra faire l'objet d'une publication ultérieure dans le *Bulletin* de la Société. Nous mentionnerons seulement, à titre d'indication, quelques-uns des comptes rendus d'essais entrepris par l'auteur.

Plusieurs essais ont porté sur le meulage de divers métaux : fonte, fer, acier recuit, acier trempé. On a relevé l'influence de la vitesse de la meule, de la charge qui applique le métal en travail et de la nature du métal, et on a rapporté la puissance motrice dépensée au poids du métal enlevé par la meule.

Les cisailles, les poinçonneuses, les machines à percer, les mortaiseuses, les raboteuses, les fraiseuses et les tours de diverses sortes ont été l'objet d'essais variés.

L'influence de la forme donnée au tranchant des outils a été étudiée aussi bien pour les outils à main que pour ceux destinés aux machines.

L'étude faite par M. Codron représente un labeur de plusieurs années ; elle répond bien au programme.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à M. C. Codron le prix de 2 000 francs, pour ses études sur la production des machines-outils façonnant les métaux.

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait, au nom du *Comité des Arts chimiques*, par **M. Vincent**, sur le prix de 2 000 francs, pour une *publication utile à l'industrie chimique ou métallurgique*.

MM. Charabot, Dupont et Pillet ont présenté à la Société d'Encouragement leur ouvrage intitulé : *Les huiles essentielles et leur principaux constituants*, pour concourir au prix proposé par la Société « pour récompenser une publication utile à l'industrie chimique ou métallurgique ».

L'étude des principes odorants des végétaux a été commencée il y a environ cinquante ans, et a permis de caractériser tout d'abord quelques essences, presque entièrement formées d'un principe unique, telles que les essences de cannelle, de *Gaultheria procumbens*, d'amandes amères, etc.

Mais les travaux sur ces matières ne furent guère poursuivis jusqu'à il y a une quinzaine d'années. A cette époque, un certain nombre de savants reprirent avec ardeur l'étude des parfums naturels, établirent la composition complexe d'un grand nombre d'entre eux, découvrirent des composés nouveaux, réalisèrent la synthèse de certains, et firent de ces questions, délaissées pendant longtemps, un chapitre des plus intéressants de la chimie organique et de la chimie industrielle.

MM. Charabot, Dupont et Pillet se sont proposé de rassembler tous les documents relatifs à ces recherches, de les coordonner, de les discuter et enfin ils ont établi une classification nouvelle des essences, basée sur la fonction chimique du principe constituant principal de chacune d'elles.

Ces messieurs ont rappelé pour chaque essence l'origine, l'extraction, la composition, les procédés suivis pour les synthèses réalisées, ainsi que les procédés de dosages usités actuellement dans l'industrie des parfums, pour déterminer la valeur d'un certain nombre d'essences naturelles.

Il convient de remarquer que toutes les références bibliographiques sont indiquées, et permettent au lecteur de recourir, au besoin, aux mémoires originaux.

Votre Conseil, estimant que le travail de ces messieurs est de nature à rendre les plus grands services aux chimistes et aux industriels qui s'oc-

cupent de l'industrie des parfums naturels et artificiels; la Société d'Encouragement décerne à MM. Charabot, Dupont et Pillet son prix de 2 000 francs pour une publication utile à une industrie chimique.

DEUX PRIX DE 500 FRANCS

POUR DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES DE CHIMIE UTILES A L'INDUSTRIE

Ces prix sont décernés : l'un à M. **Halphen**, pour ses travaux sur l'*Analyse des corps gras*, sur rapport de M. LIVACHE (1), l'autre à M. **Blanc**, pour ses travaux sur la *Constitution du camphre*, sur rapport de M. LINDET.

RAPPORT DE M. L. Lindet, SUR LES TRAVAUX DE M. Blanc.

Dans l'étude des matières colorantes, des produits médicaux et des essences parfumées, les recherches théoriques côtoient de si près les recherches pratiques, le laboratoire est si voisin de l'usine que l'on doit considérer comme une étude industrielle celle qui a pour but de fixer la constitution et les propriétés d'un corps, susceptible d'entrer, sous la forme de ses dérivés, dans la consommation de la vie courante.

Aussi, la Société chimique n'a-t-elle pas hésité à désigner au choix de la Société d'Encouragement M. *Blanc*, docteur ès sciences, préparateur à la Faculté des sciences, qui nous a présenté un excellent travail sur la *constitution du camphre*. M. Blanc a commencé par établir la constitution de l'acide *isolauronolique* et à en déduire d'abord celle de l'acide *camphorique*, dont il dérive, puis celle du *camphre*; il a pu assigner à ce corps, si fréquemment discuté depuis quelques années, une formule de constitution identique à celle que M. Bouveault a établie en partant de faits d'un tout autre ordre. Le camphre et ses dérivés : le bornéol, le camphène, le pinène, la terpine, le terpinéol (essence de lilas artificielle), jouent un très grand rôle dans la composition des essences.

(1) *Bulletin* de mai 1900, p. 689.

On ne peut méconnaître qu'une étude de ce genre ne conduise soit directement, soit par une voie détournée, à la réalisation d'un produit industriel nouveau.

Prix de 2 000 francs pour une *étude scientifique d'un procédé industriel*.

RAPPORT de M. Lindet SUR LES TRAVAUX DE M. Granger.

Les recherches de M. Granger, docteur ès sciences, professeur à l'École d'application de la Manufacture de Sèvres, ont porté jusqu'ici sur des sujets de chimie minérale, et les résultats qu'il a obtenus sont de nature à faire réaliser des progrès industriels en métallurgie et en céramique.

M. Granger a fait une étude très complète des *phosphures métalliques*, a déterminé un procédé d'analyse de ces corps, mal étudiés jusqu'ici, a montré les circonstances de leur formation et isolé un grand nombre de ces corps, à l'état défini et cristallisé.

Il a en outre réalisé l'emploi industriel du *bleu de tungstène* en céramique; au lieu d'ajouter à des silicates fusibles de l'acide tungstique, qui, par suite de la formation de silico-tungstates, rend la couverte opaque, M. Granger emploie comme couverte un tétra-tungstate de baryum et de sodium, fusible, qu'il chauffe à 1250° en feu réducteur, et il obtient des teintes bleues, allant, suivant la proportion des deux bases, du bleu clair à l'indigo.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à M. Granger un *encouragement de 500 francs* sur son prix de 2 000 francs pour l'étude scientifique d'un procédé industriel.

AGRICULTURE

RAPPORT fait par **M. A. Muntz**, au nom du *Comité d'Agriculture*, sur le prix de 2 000 francs, pour une Étude sur la *pomme de terre alimentaire*.

Le Comité d'Agriculture, en demandant à la Société de mettre au concours l'étude de la pomme de terre alimentaire, a voulu provoquer des recherches sur une des branches les plus importantes de notre agriculture nationale, sur celle qui est le plus universellement pratiquée et dont le produit entre dans l'alimentation de toutes les classes de la société.

La pomme de terre industrielle et fourragère a été depuis de longues années déjà l'objet de travaux importants, destinés à accroître par la sélection et par les procédés culturels les rendements en tubercules et la richesse de ceux-ci en fécule. Les efforts faits dans cette voie ont été couronnés de succès. En France, notre regretté collègue Aimé Girard s'est attaché à cette étude et a donné une grande impulsion à la production de la pomme de terre destinée à la féculerie et à la distillerie, ainsi qu'à l'engraissement des animaux.

Ses remarquables travaux ont eu un grand retentissement dans le monde agricole.

Mais, à côté de la pomme de terre à hauts rendements et à richesse élevée en fécule se place la pomme de terre de table, celle qui est spécialement destinée à l'alimentation de l'homme, à laquelle on demande des qualités spéciales qui la rendent plus apte à se présenter sous la forme d'un aliment que l'organisme humain puisse accepter facilement. Ici interviennent d'autres facteurs que le rendement et la teneur en fécule. La résistance à la cuisson, l'arôme, la finesse, jouent un rôle important dans cette nature de pomme de terre. Il y avait lieu de préciser, par des recherches directes, à quoi tiennent, dans les diverses variétés, si diversement appréciées, les propriétés qui font préférer les unes aux autres, à établir une relation entre la composition et les qualités culinaires, à baser la sélection sur des données positives, à donner en quelque sorte une base scientifique à des appréciations empiriques.

Il y avait d'autant plus d'utilité à provoquer de pareilles recherches que la pomme de terre dite de table est, en France, l'objet d'une culture bien autrement importante que celle de la pomme de terre dite industrielle, puisqu'elle occupe une surface trente fois plus considérable que cette dernière. Ce n'est pas seulement pour la consommation du producteur qu'elle est employée, elle fait l'objet d'un commerce important, puisqu'elle afflue vers les centres populeux et que son exportation même se chiffre par des sommes considérables.

Parmi les concurrents qui ont répondu à l'appel de la Société, MM. Condon et Bussard semblent avoir le mieux compris la question posée, et dans un travail du plus haut intérêt, rempli d'observations personnelles et d'appréciations judicieuses, ils ont fourni des données positives dont la pratique agricole pourra tirer un large profit. Leurs études comprennent l'étude de la composition des diverses variétés de pomme de terre, la répartition des éléments nutritifs entre les diverses parties du tubercule; la comparaison entre la valeur culinaire qui sert de base aux prix de vente et la teneur en fécule et en matières azotées; la sélection basée sur la composition chimique; des essais culturaux destinés à contrôler les observations de laboratoire.

Les principaux résultats qui découlent des études de MM. Condon et Bussard sont les suivants :

Le tubercule de la pomme de terre n'est pas constitué par une masse homogène; la zone corticale est la plus riche en fécule; elle est moins riche en matières azotées que les couches médullaires. Mais sa matière azotée est constituée en majeure partie par des albuminoïdes.

La couche médullaire interne est la plus aqueuse et la plus pauvre en fécule. Elle contient de plus fortes proportions de matières azotées, mais dans celles-ci il n'y a que peu d'albuminoïdes.

La couche médullaire externe présente une composition intermédiaire entre les deux précédentes.

La valeur culinaire de la pomme de terre, c'est-à-dire sa sapidité, sa manière de se comporter à la cuisson, à la friture, ou de résister au délitement, est directement proportionnelle à la teneur en matières azotées et inversement proportionnelle à la richesse en fécule.

Le rapport *matières azotées* permet d'apprécier, sans dégustation, la qualité de la fécule culinaire d'une variété quelconque. Il est supérieur à 17 pour les bonnes variétés, inférieur à 16 pour les variétés médiocres ou mauvaises.

La résistance au délitement pendant la cuisson dans l'eau ne tient pas à la proportion de fécule ou de corps pectiques, mais bien à la richesse des matières albuminoïdes.

Il n'y a pas de relation bien nette entre la précocité et la composition chimique; mais les pommes de terre les plus précoces sont, en général, plus aqueuses, plus riches en matières azotées et plus pauvres en fécule que les tardives.

Les diverses propositions énoncées par MM. Condon et Bussard sont appuyées de tableaux de chiffres donnant la composition chimique, la densité et les autres propriétés physiques. Des dessins de coupes et des photographies de tranches de pommes de terre permettent de se rendre compte de la différence de composition des diverses parties du tubercule. A leurs recherches ils ont appliqué la photographie à l'aide des rayons X et ont ainsi montré, d'une façon frappante, quelles sont les parties les plus riches en fécule, c'est-à-dire les plus denses.

Après avoir énuméré les résultats de leurs recherches, MM. Condon et Bussard les ont appliquées à la sélection des meilleures variétés de pommes de terre de table et ont montré dans quelle voie il faut chercher l'amélioration de la qualité, l'augmentation du rendement et, en somme, le résultat pratique le plus profitable.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à MM. Condon et Bussard un encouragement de 1000 francs pour leur *Étude sur la pomme de terre alimentaire*.

MÉDAILLES

I. LISTE DES MÉDAILLES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ POUR DES INVENTIONS OU DES PERFECTIONNEMENTS AUX ARTS INDUSTRIELS

N ^{os} D'ORDRE.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
MÉDAILLES D'OR			
	MM.	MM.	
1	BERTIN.	HIRSCH.	Ouvrages sur les chaudières et les machines marines.
2	BONNET.	BÉNARD.	Destruction de la sanve.
3	BRIGALENT.	LIVACHE.	Fibroleum (1).
4	CROSS, BEVAN et BEADLE.	BARDY.	Viscoïde (2).
5	LENEVEU.	ROZÉ.	Ensemble de ses travaux.
6	SCHABAUER.	MASSON.	Pompes centrifuges (3).
7	TRILLAT.	DUCLAUX.	Ensemble de ses travaux.
MÉDAILLES DE VERMEIL			
	MM.		
1	LUXFER PRISM (so- ciété des).	HUET.	Prismes pour l'éclairage des appar- tements (4).
2	ROUGERON VIGNEROT et DEMOULIN.	DAVANNE.	Travaux de photogravure.
RAPPEL DE MÉDAILLE D'OR			
	MM.	M.	
1	DONARD et BOULET.	LIVACHE.	Appareil rotatoire à dessécher dans le vide (5).
MÉDAILLES D'ARGENT			
	MM.	MM.	
1	BÉGUIN.	ROZÉ.	Règle à calcul.
2	BESSAT.	CARPENTIER.	Règle dactylographique (6).
3	DELBEKE.	LIVACHE.	Peintures métalliques (7).
4	HARDY.	HUET.	Laboratoire photographique portatif.
5	LEROUX et REVEL.	LAVALARD.	Ouvrage sur la traction mécanique.
6	MARION.	DAVANNE.	Reliefs photographiques (8).
7	MICAULT.	BOURDON.	Monte-courroies (9).

(1) *Bulletin* de mars 1900, p. 336. — (2) *Bulletin* de mars 1900, p. 321. — (3) *Bulletin* de juin 1900, p. 863. — (4) *Bulletin* d'août 1899, p. 1146. — (5) *Bulletin* d'août 1899, p. 1152. — (6) *Bulletin* d'avril 1900, p. 521. — (7) *Bulletin* de mars 1900, p. 341. — (8) *Bulletin* d'avril 1900, p. 613. — (9) *Bulletin* de février 1900, p. 171.

N ^{os} d'ordre.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
MÉDAILLES D'ARGENT <i>(Suite)</i>			
	MM.	MM.	
1	PERSOZ.	SIMON.	Travaux sur le conditionnement (1).
2	RIKKERS.	ROSSIGNEUX.	Incrustations de métaux sur bois.
RAPPEL DE MÉDAILLE D'ARGENT			
	M.	M.	
1	JAMIN.	ROSSIGNEUX.	Ouvrages sur la menuiserie.
MÉDAILLE DE BRONZE			
	M.	M.	
1	BINE.	ROZÉ.	Robinets intermittents (2).
(1) <i>Bulletin</i> de mars 1900, p. 343. — (2) <i>Bulletin</i> de novembre 1899, p. 1503.			

DISTRIBUTION DES MÉDAILLES

DÉCERNÉES POUR LES INVENTIONS UTILES OU LES PERFECTIONNEMENTS
DANS LES ARTS INDUSTRIELS

Rapports des différents Comités

(Voir le tableau, p. 24 et 25)

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Hirsch**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*,
sur les ouvrages de **M. Bertin**.

M. Bertin, directeur des constructions navales, a remis à la bibliothèque de la Société deux ouvrages : Les *Chaudières marines* et les *Machines marines* (1). Tout le monde connaît la haute compétence de M. Bertin en matière de construction maritime. Les deux volumes dont il s'agit résument les connaissances acquises dans une longue carrière d'études scientifiques et pratiques; on ne saurait en estimer trop haut la valeur.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à M. Bertin, pour l'ensemble de ses travaux, et à l'occasion de ces ouvrages, une médaille d'or.

(1) *Bulletin* d'octobre 1899, p. 1404 et de novembre 1899, p. 1630.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Rozé**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*,
sur les travaux de M. le capitaine **Leneveu**.

M. Leneveu, ingénieur, ancien capitaine d'artillerie attaché aux ateliers de Puteaux, a présenté à la Société trois de ses inventions.

Un *niveau d'eau* de grande précision et d'emploi commode, utilisé notamment, lors de l'Exposition de 1889, pour le réglage des arbres de transmission de la Galerie des machines.

Un *appareil de graissage* à lubrifiant solide, comprimé automatiquement, qui, employé depuis plusieurs années, a donné des résultats d'un réel intérêt.

Enfin un *perfectionnement au mode usuel de transmission du travail* par lien flexible, courroie ou câble : M. le capitaine Leneveu a réussi à assurer l'entraînement tout en réduisant, dans une grande proportion, la tension du lien, sa largeur et les tractions exercées sur les arbres et paliers.

M. le capitaine Leneveu, à qui l'industrie mécanique est redevable de beaucoup d'autres progrès de grande importance, s'est ainsi acquis des titres incontestables à une haute distinction et la Société d'Encouragement lui décerne en conséquence une médaille d'or.

AGRICULTURE

RAPPORT fait par **M. Bénard**, au nom du *Comité d'Agriculture*, sur le procédé de **M. Bonnet** pour LA DESTRUCTION DES SANVES (*sinapis arvensis*) PAR LE SULFATE DE CUIVRE.

Tous les cultivateurs connaissent les difficultés de détruire les mauvaises herbes qui, dans certaines années, envahissent leurs récoltes, notamment la sanve, la moutarde sauvage (*sinapis arvensis*) qui pousse avec tant de vigueur dans les terrains calcaires.

Il semblerait que nos ancêtres n'aient pas connu ce fléau, dont les ouvrages d'économie rurale ne parlent pas. Arthur Young, qui parcourait la France dans tous les sens au siècle dernier et qui signalait les mauvaises herbes qu'il voyait dans les récoltes, n'aurait pas manqué de nommer le *sinapis arvensis*.

Il est probable que l'ameublissement du sol par les labours plus profonds, que l'emploi de la marne, de la chaux, la suppression de la jachère, l'usage des engrais, ont facilité la germination et la croissance de ces plantes qui causent tant de soucis au cultivateur et dont les graines conservent longtemps leur faculté germinative.

On a tenté tous les moyens pour les détruire : l'arrachage à la main, le binage à la houe, les hersages fréquents, les semis tardifs. On a fait usage de faucheuses et d'instruments à rotation rapide pour couper les fleurs et briser la tige; dans les printemps humides, quand il est impossible d'entrer dans les terres détrempées par la pluie, la sanve profite de quelques jours pour croître et se développer. On pouvait espérer que la betterave par ses façons répétées, par ses binages successifs, arrêterait la végétation de la sanve; mais la graine, comme celle de toutes les oléagineuses, se conserve indéfiniment et la plante reparait toujours vigoureuse.

Tel était l'état de la question, lorsqu'en 1896, un modeste vigneron de la montagne de Reims, M. Bonnet, régisseur du vignoble de Murigny, remarqua qu'en sulfatant la vigne, le sulfate de cuivre qui tombait des ceps détruisait la moutarde sauvage qui se trouvait au pied de la vigne.

Après quelques essais dans un champ d'avoine, il constatait, non sans surprise, que le sulfate de cuivre à la dose de 5 p. 100 détruisait la sanve mais n'attaquait nullement les céréales. M. Bonnet s'empressait de faire part de sa découverte au Comice de Reims et les journaux spéciaux vulgarisaient ce procédé qui était mis à l'essai en 1897 non seulement en France, mais en Belgique et en Allemagne.

Aucune découverte n'a fait plus rapidement son chemin parce qu'il y en a peu qui soient d'un intérêt aussi évident et aussi pratique.

« Le résultat obtenu, disait Aimé Girard en 1898, est aussi remarquable qu'inattendu; avec une solution de cuivre de 5 p. 100 et dix hectolitres par hectare, on peut affirmer que toutes les sanves atteintes par la solution ont péri, tandis que le blé ou l'avoine, sauf une atteinte légère et passagère à la pointe des feuilles, continuent à végéter et à verdoyer.

« J'ai constaté que les feuilles du *sinapis arvensis* se laissent pénétrer par la solution et meurent ainsi empoisonnées, tandis que les feuilles de blé et d'avoine restent complètement imperméables à ce réactif... » Pour vérifier ce résultat, Aimé Girard a pris 1 kilogramme de feuilles de sanves traitées par le sulfate de cuivre et 1 kilogramme de feuilles d'avoine, et après avoir fait subir aux deux échantillons un léger lavage destiné à enlever de la surface les produits qui n'avaient pas pénétré à l'intérieur, il a trouvé 0^{gr},21 de cuivre dans les feuilles de sanves et 0^{gr},016 seulement dans les feuilles d'avoine, soit 90 fois moins.

Dès son apparition, le procédé de M. Bonnet a reçu l'approbation de la science et la sanction de la pratique. Partout la réussite a été complète. On a essayé depuis de remplacer le sulfate de cuivre par d'autres produits moins coûteux, à base de cuivre également; on a employé aussi avec des chances diverses des solutions de sulfate de fer, mais la supériorité est restée jusqu'à ce jour au procédé de M. Bonnet. Il n'en restera pas moins le précurseur, celui qui, le premier, a ouvert la voie féconde.

M. Bonnet a rendu un grand service à l'agriculture et la Société d'Encouragement lui décerne, en conséquence, une médaille d'or.

MÉDAILLE DE VERMEIL

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait par **M. Davanne** au nom du *Comité des Arts économiques* sur les travaux de photogravure de **MM. Rougeron, Vignerot et Demoulin**.

L'illustration du Livre par les gravures photographiques a fait depuis quelques années des progrès considérables et les procédés phototypographiques ont maintenant remplacé la gravure sur bois d'une manière presque absolue. Mais pour arriver à la pratique générale; cette substitution a demandé une série d'améliorations successives, longues et délicates, dont partie sont dues à des inventeurs étrangers tandis que l'invention première est toute française; elle fut décrite en 1859 par Berchtold, mais elle ne pénétra que lentement dans l'industrie du Livre.

Ce procédé est basé sur l'intervention de trames ou réseaux d'une grande finesse, comptant de sept à dix lignes par millimètre, qui viennent rompre les teintes dégradées mais continues de l'image photographique dont l'impression immédiate eût été impossible.

Parmi les praticiens français qui mettent actuellement en œuvre ce procédé des trames ou réseaux, nous devons citer MM. Rougeron et C^{ie}, à qui nous devons les belles illustrations photographiques qui complètent notre *Bulletin* actuel. Nous avons suivi dans leurs ateliers la série des opérations délicates qui, soit par l'intermédiaire du bitume de Judée pour le trait, soit par l'emploi de la gélatine (ou colle de poisson) bichromatée pour les images à demi-teintes, donnent des épreuves sur zinc ou sur cuivre résistant à la morsure des acides et permettant d'obtenir des planches d'un relief délicat mais suffisant pour fournir au tirage, avec de bonnes encres, de bonnes presses et de bon papier, des images remarquables par leur netteté et leur finesse, comparables et souvent même supérieures aux bonnes épreuves de la gravure sur bois.

Les membres de la Société ont pu en juger par les beaux spécimens reproduisant des œuvres de M. Bouguereau et de M. Breton, dont MM. Rougeron et C^{ie} ont exécuté les planches et dont les impressions ont été obtenues sur les presses et par les soins de M. Lahure.

En présence de ces beaux résultats et de ces réels progrès, la Société d'Encouragement décerne à MM. Rougeron et C^{ie} une médaille de vermeil.

MÉDAILLE D'ARGENT

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Rozé**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur la
règle à calcul de **M. Béghin**.

M. A. Béghin, licencié ès sciences, professeur à l'École nationale des arts industriels de Roubaix, a soumis au jugement de la Société une nouvelle règle à calculs et un livre concernant l'usage et les applications de cet instrument.

Les perfectionnements apportés par l'auteur sont multiples ; ils offrent un important intérêt pratique, aussi bien pour les opérations simples que pour celles composées, et permettent d'obtenir dans tous les cas la plus grande précision compatible avec la longueur de la règle. L'adjonction d'une échelle nouvelle permet de lire, après un seul déplacement de la réglette, le produit de trois facteurs, le quotient d'un nombre par le produit de deux autres et encore les puissances d'indices quelconques d'un nombre donné.

La première partie du livre de M. Béghin est un traité complet de l'emploi de la nouvelle règle pour toutes les opérations numériques ; la seconde comprend de très nombreux exemples, heureusement variés et choisis, d'applications concrètes relatives à l'arithmétique, à la géométrie, à la mécanique appliquée, à la physique et à la chimie industrielles.

La Société d'Encouragement, appréciant que M. Béghin a laborieusement édifié une œuvre méritoire et utile, lui décerne une médaille d'argent.

MÉDAILLES COMMÉMORATIVES

Le Conseil d'administration a décidé d'offrir à plusieurs personnes qui ont bien voulu faire des communications intéressant la Société, des médailles commémoratives en argent, à titre de remerciement, pour marquer l'intérêt avec lequel elles ont été accueillies. Ces médailles sont remises à :

- MM. BIARD. — *L'industrie américaine et l'industrie anglaise* (1).
CANDLOT, séance du 23 février 1900. — *L'industrie des ciments*.
GRANGER, séance du 9 février 1900. — *La céramique en Allemagne*.
HIRSCH, séance du 24 novembre 1899. — *Les voitures automobiles*.
JANET, séance du 9 février 1900. — *L'acétylène et ses applications*.
LEFER. — *Étude du fonctionnement des machines à vapeur à plusieurs cylindres* (2).
LEVASSEUR, séance du 22 décembre 1899. — *Comparaison du travail à la main et à la machine* (3).
LINET, séance du 23 mars 1900. — *L'origine des moulins à blé*.
RENARD (commandant), séance du 25 mai 1900. — *La direction des ballons*.
THOMAS, séance du 14 avril 1899. — *Le viscoïde*.
VOGT. — *Recherches sur les porcelaines chinoises* (4).

(1) *Bulletin* d'avril 1900, p. 619. — (2) *Bulletin* de janvier 1900, p. 619. — (3) *Bulletins* de février et mars 1900, p. 1473. — (4) *Bulletin* d'avril 1900, p. 530.

MÉDAILLES

II. LISTE DES CONTREMAÎTRES ET OUVRIERS AUXQUELS ONT ÉTÉ DÉCERNÉES DES MÉDAILLES D'ENCOURAGEMENT

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
1	BALDY (Pierre-Philippe).	33	Employé à la <i>Pharmacie centrale de France : pulvérisation des toxiques.</i>
2	CARON (Léonard).	37	Contremaitre chez <i>MM. Sellier-De-laforge, manufacturiers</i> , à Esquenoy (Oise).
3	CREUZE (M ^{lle} Éléonore).	46	Ouvrière chez <i>MM. Blanzly, Pouré et C^{ie}</i> , à Boulogne-sur-Mer.
4	CUSSET (Victor).	45	Contremaitre à la <i>C^{ie} de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.</i>
5	DEBLEU (Bruno).	34	Surveillant général aux <i>Établissements Kuhlmann</i> , à Lille.
6	DROULEZ (Benoni).	34	Menuisier-modeleur à la <i>Société anonyme des amidonnerie et gluco-serie</i> d'Haubourdin (Nord).
7	DUCROCQ (Désiré).	33	Inspecteur du matériel à la <i>C^{ie} générale des omnibus</i> , à Paris.
8	FEBVRE (Charles).	33	Chef de dépôt à la <i>C^{ie} générale des omnibus</i> , à Paris.
9	FIGON (Honoré).	40	Ferreux aux <i>ateliers de la C^{ie} P.-L.-M.</i> , à Villeneuve-Saint-Georges.
10	FRANCONNET (Gabriel).	46	Surveillant à la <i>C^{ie} de Châtillon et Commentry</i> , à Montluçon.
11	HAMARD (Léon).	39	Ouvrier chez <i>MM. Landeau et C^{ie}, marbriers</i> , à Sablé (Sarthe).
12	HOUDRY (M ^{me} Adèle-Léonie).	49	Ouvrière à la <i>Société anonyme des papeteries du Marais et de Sainte-Marie.</i>
13	LAC (Géral).	44	Ouvrier monteur potier d'étain, chez <i>M. Mondollot, fabricant d'appareils pour les eaux gazeuses</i> , à Paris.
14	LAFOSSE (Élisée).	45	Surveillant à la <i>C^{ie} de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.</i>
15	LEROY (Justin-Jean).	35	Contremaitre principal aux <i>ateliers de la C^{ie} des chemins de fer de l'Est</i> , à Mohon.

N ^{os} D'ORDRE.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
16	LERAS (M ^{me} V ^{ve} Zélie)	45	Ouvrière chez MM. Blanzzy, Poure et C ^{ie} , à Boulogne-sur-Mer.
17	MAITROT (Théodore)	35	Contremaître à la Société anonyme des chaux hydrauliques et ciments de l'Aube, à Paris.
18	MISTRICH (Frédéric)	34	Contremaître à la C ^{ie} des chemins de fer de l'Ouest, à Sotteville.
19	PORLIER (Alexandre)	30	Services exceptionnels comme garçon de laboratoire au Collège de France.
20	RIVIÈRE (M ^{me} Julie-Augustine)	44	Ouvrière à la Société anonyme des papeteries du Marais et de Sainte-Marie.
21	ROUSSEAU (Désiré-Édouard)	37	Chef chaudronnier à la C ^{ie} des chemins de fer de l'Est, à Épernay.
22	SCHÉRER (Nicolas)	41	Contremaître chez M. Fauh, fabricant de chaux hydraulique, à Issy-les-Moulineaux.
23	TISON (Louis)	39	Conducteur-typographe chez M. Pailart, imprimeur, à Abbeville, inventeur d'un produit empêchant l'oxydation des clichés.

Le Secrétaire de la Société,

Ed. COLLIGNON,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT sur le *laboratoire portatif de photographie* de **M. le commandant Hardy**.

M. Hardy, chef d'escadron d'artillerie en retraite, a présenté à la Société d'Encouragement un laboratoire portatif qu'il a imaginé et qui a pour but d'effectuer en plein jour ou le soir près d'une lampe, et en quelque endroit que l'on se trouve, toutes les manipulations relatives à la photographie qui doivent être exécutées dans la chambre noire, développements, charge-ments d'appareils, etc.

Ce laboratoire est constitué pour le développement des plaques 13×18 et des dimensions inférieures par une caisse de 0^m,38 de longueur, sur 0^m,26 de largeur et sur 0^m,28 de hauteur, parfaitement étanche à la lumière blanche et éclairée à l'intérieur par deux verres rouges convenablement disposés. Les mains de l'opérateur y pénètrent par l'intermédiaire de manches et de fausses manches avec élastique, d'une étoffe que la lumière ne peut pas traverser. Ce laboratoire renferme trois cuvettes, une pour le bain de développement, une pour le bain de lavage, la troisième pour le bain de fixage; enfin il est complété par une enveloppe formée de deux caisses semblables en zinc dans lesquelles il s'emboîte, de manière à préserver les verres rouges et dont chacune des parties peut servir de cuve pour le lavage des clichés après fixage.

Il existe déjà un assez grand nombre d'appareils de cette nature.

Celui de M. le commandant Hardy se distingue par son caractère éminemment rationnel et pratique :

Les manches sont disposées de telle sorte que les mains s'introduisent à angle droit dans l'appareil, c'est-à-dire dans la position la plus commode, l'une par le petit côté gauche, l'autre sur la droite du grand côté de face. La manche gauche est de dimensions suffisantes pour recevoir les appareils photographiques usuels ou leurs châssis.

Les deux verres rouges qui éclairent l'intérieur et dont l'un est doublé d'un verre dépoli fixe et l'autre d'un verre jaune mobile, sont placés à

gauche sur les deux grands côtés de l'appareil, et vis-à-vis l'un de l'autre, de telle sorte que l'œil de l'opérateur voit parfaitement entre les deux le cliché qu'il développe dans la cuvette placée sur le plancher de l'appareil

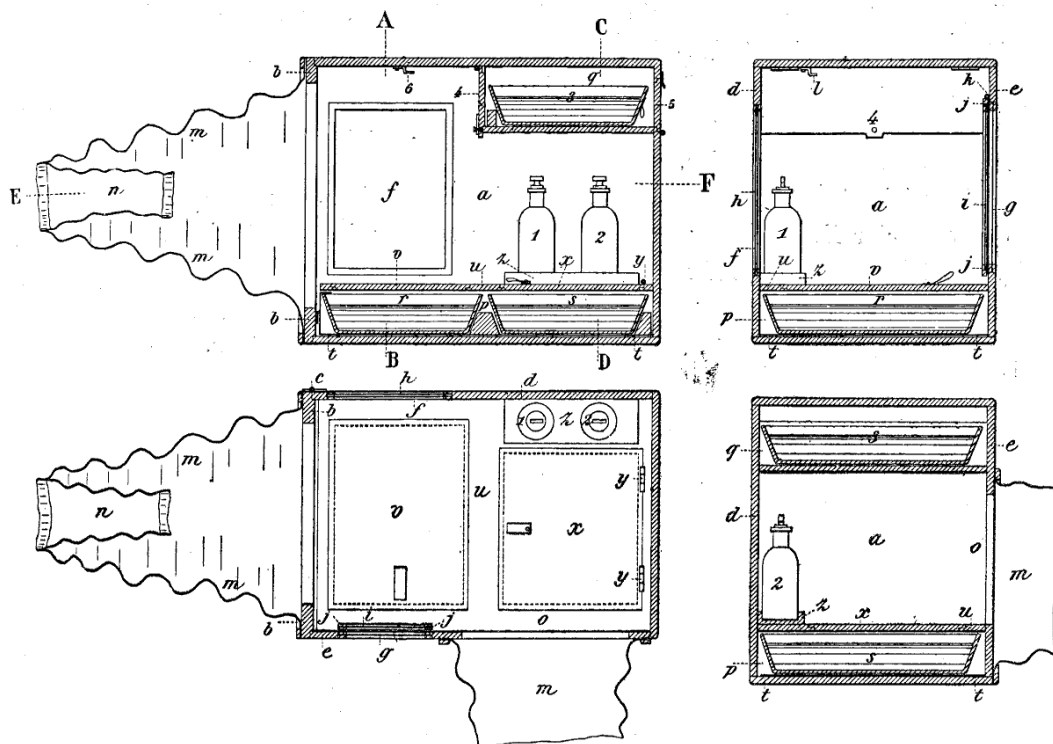


Fig. 1. — Coupe longitudinale. — Fig. 2. — Coupe transversale par AB. — Fig. 3. — Coupe transversale par CD. — Fig. 4. — Coupe horizontale EF.

a, caisse de forme rectangulaire constituant la chambre obscure; *b*, cadre mobile à feuillures, formant la porte de gauche de l'appareil; *c*, charnières de cette porte; *d*, paroi antérieure de la chambre obscure; *e*, paroi postérieure de la chambre obscure; *f*, verre rouge; *g*, verre rouge; *h*, verre dépoli; *i*, verre jaune mobile; *j*, cadre du verre jaune; *k*, charnières de ce cadre; *l*, touret ou ressort, servant à maintenir le cadre relevé; *m*, manche ou poche; *n*, fausse manche; *o*, ouverture rectangulaire de la paroi *e*; *p*, compartiment inférieur; *q*, compartiment supérieur; *r*, cuvette contenant le bain de développement; *s*, cuvette contenant le bain d'eau; *t*, plaque métallique supportant ces cuvettes; *u*, plaque d'appui des bras, formant le dessus du compartiment inférieur; *v*, couvercle à feuillures, entièrement mobile; *x*, couvercle à feuillures, à charnières; *y*, charnières de ce couvercle; *z*, élargissement de la plaque d'appui pour le logement de deux flacons. 1, 2, flacons pour renforcer ou atténuer le bain de développement; 3, cuvette du bain d'hyposulfite; 4, porte intérieure de compartiment renfermant ce bain; 5, porte extérieure du compartiment, formant la porte de droite de l'appareil; 6, touret ou ressort, servant à maintenir la porte intérieure relevée.

au droit de ces verres et qu'il passe facilement, après développement convenable, dans la cuvette de lavage placée à côté sur la droite.

La cuvette de fixage se trouve au-dessus de cette dernière dans un compartiment étanche, sorte de boîte d'escamotage, d'où l'on peut la sortir à l'extérieur sans que la lumière puisse pénétrer à l'intérieur de l'appareil.

En résumé, ce laboratoire portatif pour photographie est digne d'attention par sa simplicité, son bon agencement, et nous ajouterons par la modicité de son prix. Il est appelé à rendre des services aux personnes qui, loin d'un laboratoire et pressées de connaître le résultat d'une pose, veulent développer leur cliché de suite; aux artistes qui, ayant un modèle dans leur atelier, veulent se rendre compte immédiatement de la valeur du cliché qu'ils en ont fait; aux touristes, aux explorateurs qui n'ont pas toujours sous la main une chambre noire.

Aussi le Comité des Constructions et des Beaux-Arts vous propose-t-il de remercier M. le commandant Hardy de sa communication et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Signé : E. HUET, Rapporteur.

Lu et approuvé en séance le 11 mai 1900.

CÉRAMIQUE

SUR LA DILATATION DES PÂTES CÉRAMIQUES, PAR **M. Chantepie**,
aide-préparateur à l'École des Mines.

Ces recherches sont la continuation de celles qui ont été poursuivies par M. Coupeau, sous les auspices de la Société d'Encouragement (1). Elles ont été exécutées au Laboratoire de l'École des Mines, sous la direction de M. H. Le Chatelier. Les échantillons ont été cuits à la Manufacture nationale de Sèvres par les soins de M. Vogt.

Les recherches de M. Coupeau ont eu pour objet de donner une vue d'ensemble sur les dilatations des pâtes céramiques; elles ont porté sur des produits industriels ou sur des pâtes de composition voisine. Les résultats principaux ont été de confirmer le rôle capital des divers états de la silice dont les propriétés anormales avaient été reconnues antérieurement par M. H. Le Chatelier (2).

Dans cette nouvelle série de recherches, on s'est proposé de préciser le rôle des différents éléments qui peuvent entrer dans les pâtes céramiques. Les expériences ont été faites en partant de deux pâtes fondamentales présentant les compositions suivantes :

Pâte argileuse.	Pâte siliceuse.
$2 \text{ SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3$	$10 \text{ SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3$

La première était constituée par un mélange à poids égaux de kaolin et d'argile de Mussidan. La seconde, par un mélange en proportions voulues de sable quartzeux broyé très fin, et d'argile de Mussidan.

Les compositions indiquées pour les différentes études sont rapportées à 100 parties de mélange total cru, c'est-à-dire avant déshydratation de l'argile. Le mélange 1, à 10 p. 100 de magnésie calcinée, par exemple, a pour composition :

Kaolin cru.	45
Argile crue.	45
Magnésie	10
	100

(1) Études sur la dilatation des pâtes céramiques par M. Coupeau. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 3 octobre 1898.

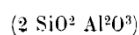
(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. III, p. 123 (1890).

Dans tous les tableaux numériques, les dilatations sont exprimées en $\frac{1}{100}$ de millimètre et rapportées à une longueur de 100 millimètres.

Nous donnons d'abord les résultats relatifs à la pâte argileuse ; dans une seconde partie, ceux qui se rapportent à la pâte siliceuse.

PREMIÈRE PARTIE

PÂTE ARGILEUSE



1. Sans addition (fig. 1).

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1	10,5	19,5	31,5	42,0
1250°	2	24,4	36,0	47,5	57,2
1370°	3	24,6	37,3	50,0	60,5

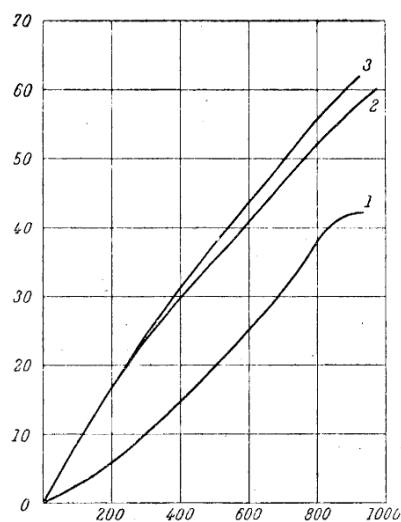


Fig. 1.

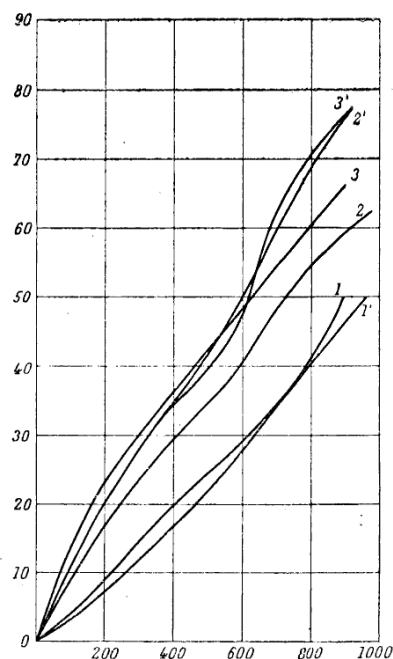


Fig. 2.

Ces chiffres diffèrent un peu de ceux donnés par M. Coupeau, cela peut tenir

à ce que le kaolin employé n'était pas de même provenance et renfermait une plus forte proportion de sable quartzeux dont la présence élève la dilatation.

2. *Titane* (fig. 2). — Deux mélanges ont été étudiés, l'un à 20 p. 100, l'autre à 70 p. 100 d'acide titanique.

ACIDE TITANIQUE 20 p. 100

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1	14,5	24,6	34,7	50,0
1250°	2	23,5	34,6	47,0	59,3
1370°	3	30,0	43,2	53,1	66,6

ACIDE TITANIQUE A 70 p. 100

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1'	12,0	22,3	34,2	46,5
1250°	2'	28,4	42,6	59,8	73,5
1370°	3'	25,0	40,0	61,8	76,5

1° La baguette n° 1 cuite à 1 000° est d'un blanc jaunâtre, elle donne comme retrait : 3,27 p. 100.

La dilatation croît avec l'élévation de la température; la courbe représentative présente sa concavité dirigée vers le haut.

2° La baguette cuite à 1 250° est également d'un blanc jaunâtre, mais plus foncée que le n° 1, la dilatation paraît régulière avec une légère inflexion vers 600°, retrait : 12,58 p. 100.

3° La baguette cuite à 1 370° présente une couleur gris clair dans la cassure, le retrait à la cuisson est de : 14,58 p. 100.

La dilatation croît avec l'élévation de la température, mais ici la concavité de la courbe est tournée vers le bas.

ACIDE TITANIQUE A 70 p. 100.

1° La baguette cuite à 1 000° est d'un blanc jaunâtre, la dilatation croît avec l'élévation de la température; la courbe présente une inflexion vers 70°; le retrait est de : 8,58 p. 100;

2° La baguette cuite à 1 250° est d'un blanc jaunâtre plus foncé que le n° 1,

la dilatation est assez régulière avec un point d'inflexion vers 700°, et l'écart est plus considérable entre celle-ci et le n° 1, que pour les baguettes correspondantes à 20 p. 100 d'acide titanique ;

3° La baguette cuite à 1370° est rougeâtre ; retrait : 23,0 p. 100.

La dilatation pour cette baguette cesse d'être régulière vers 400°, elle quitte la courbe du n° 2' qu'elle suivait jusqu'à ce point pour s'abaisser sensiblement et présenter une concavité dirigée vers le haut ; le point le plus bas se trouve vers 550° ; elle remonte en s'infléchissant à 620° pour reprendre ensuite une marche normale et vient presque rejoindre le n° 2'.

OXYDE DE FER 20 P. 100 (FIG. 3)

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°s	300°	500°	700°	900°
1000°	1	9,5	19,5	30,5	40,0
1250°	2	22,2	34,0	47,0	60,0
1370°	3	22,2	32,3	48,5	61,0

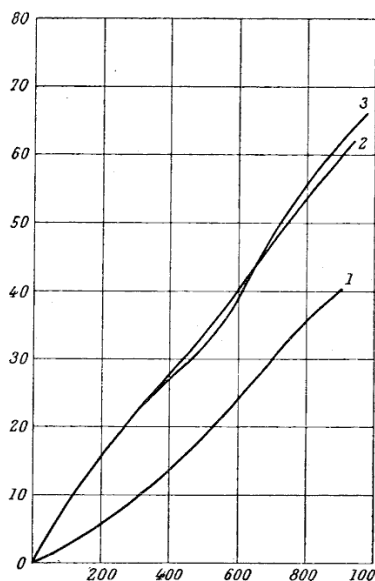


Fig. 3.

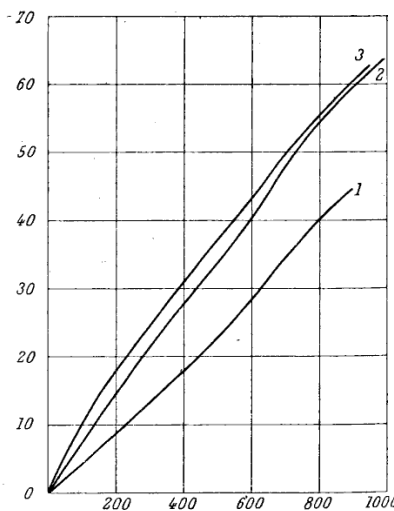


Fig. 4.

1° La baguette cuite à 1000° est d'une belle couleur rouge violet, assez dure ; son retrait était, après cuisson, de 2,36 p. 100 ;

2° La baguette cuite à 1250° est jaune rouge couleur de l'oxyde; retrait : 12,24 p. 100;

3° La baguette cuite à 1370° est d'un rouge violet foncé.

La courbe de dilatation est régulière pour les n° 1 et 2; pour le n° 3, il en observe une concavité dont le maximum se trouve vers 530°; ensuite la marche redevient régulière.

OXYDE DE CHROME 15 p. 100 (FIG. 4)

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°s	300°	500°	700°	900°
1000°	1	13,0	22,5	34,6	44,3
1250°	2	21,7	34,0	48,0	60,0
1370°	3	24,5	37,3	49,5	61,0

1° La baguette cuite à 1000° est d'une belle couleur vert clair, assez dure le retrait était, après cuisson, de 4,27 p. 100;

2° La baguette cuite à 1250° est verte à la surface, rougeâtre à l'intérieur. Son retrait est de 10,66 p. 100;

3° La baguette cuite à 1370° est vert foncé, le retrait n'a pu être déterminé.

La courbe de dilatation du n° 1, dont le commencement et la fin paraissent réguliers, présente une inflexion vers 500°.

Le n° 2 présente de même une inflexion vers 520°.

Le n° 3 présente une concavité tournée vers le bas.

OXYDE DE MANGANÈSE

Bioxyde 20 p. 100

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°s	300°	500°	700°	900°
1000°	1	25,0	48,0	63,0	67,0
1250°	2	55,5	89,6	101,4	107,2
1370°	3	85,5	99,2	110,2	115,0

N° 1 cuit à 1000° est d'un beau blanc;

N° 2 cuit à 1250° est d'un blanc légèrement rosé à la surface;

N° 3 cuit à 1370° est d'un blanc jaunâtre, pâte très dure.

La dilatation du n° 1 est déjà très élevée;

Celle du n° 2 croît très rapidement jusque vers 500° pour prendre ensuite une marche plus régulière; l'écart entre les n° 1 et 2 est considérable.

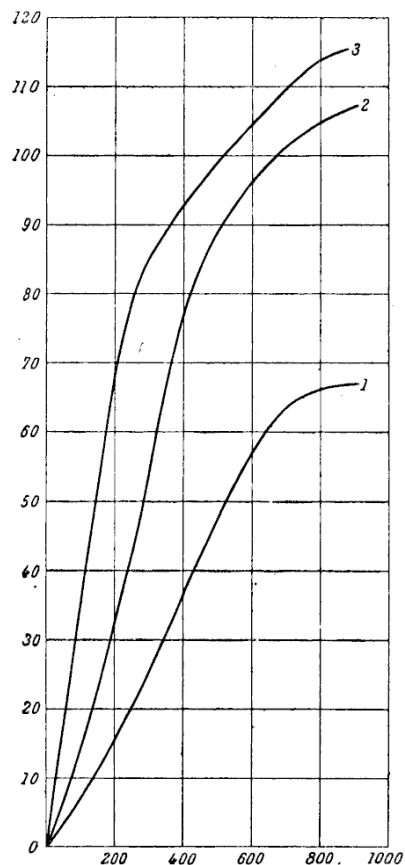


Fig. 5.

Celle du n° 3 croît plus rapidement encore que la seconde, atteint 200° par une ligne absolument droite, et de 380° à 710° donne encore une ligne droite.

De tous les oxydes ajoutés à la pâte argileuse, l'addition du bioxyde de manganèse est celui qui donne le plus grand coefficient de dilatation.

L'addition de 20 p. 100 d'oxyde de manganèse suffit pour doubler la dilatation de l'argile à laquelle il est ajouté.

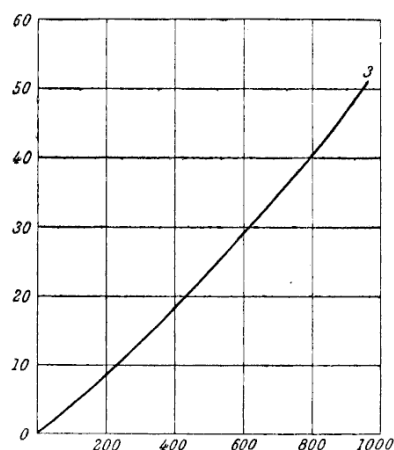


Fig. 6.

OXYDE DE PLOMB (MINIUM) 20 p. 100

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1370°	3	13,5	23,7	34,6	47,3

La baguette contenant l'oxyde de plomb présente une dilatation très voisine de celle de la porcelaine. Retrait : 3,57 p. 100.

FELDSPATH DES PYRÉNÉES

3 feldspath. 20 p. 100

3' feldspath. 50 —

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1370°	3	13,2	22,6	34,0	45,4
1370°	3'	15,5	26,5	38,2	53,4

La baguette 3 est blanche, le retrait est de 8,18 p. 100; la courbe de dilatation est presque droite avec une légère inflexion vers le milieu.

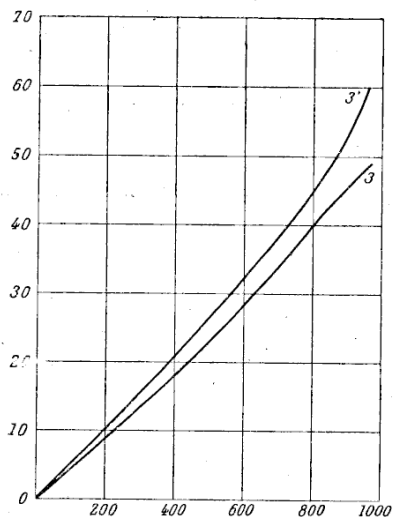


Fig. 7.

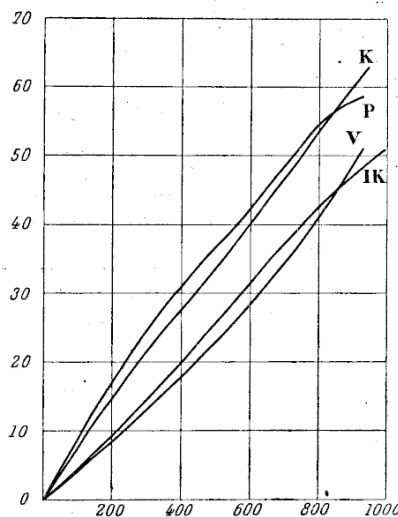


Fig. 8.

La baguette 3' contenant 50 p. 100 de feldspath présente une cassure vitreuse, elle est un peu plus bulleuse que la première. Le retrait n'a pu être déterminé, la dilatation est régulière en s'accroissant cependant à partir de 750°.

VERRE BLANC V FIG. 8

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1370°	V	13,0	23,0	35,0	48,5

Cette baguette contenant 20 p. 100 du verre blanc comme fondant est rougeâtre, très bulleuse. Le retrait est de 2,7 p. 100.

La dilatation est régulière et sensiblement égale à celle de la porcelaine.

PHOSPHATE BICALCIQUE P (FIG. 8)

OXYDE DE CUIVRE K (FIG. 8)

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1250°	K	21,0	33,6	47,0	60,0
1000°	P	24,6	36,9	48,3	57,7

La baguette P renferme 20 p. 100 de phosphate; elle était très blanche après cuisson. L'acide phosphorique semble s'opposer à la coloration des pâtes pour le fer.

La baguette K renferme 20 p. 100 d'oxyde de cuivre; elle est noire.

PLATRE 20 P. 100

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1000°	1	13,5	24,0	35,7	48,4
1250°	2	13,5	23,5	35,0	46,0
1370°	3	14,5	25,5	37,4	47,0

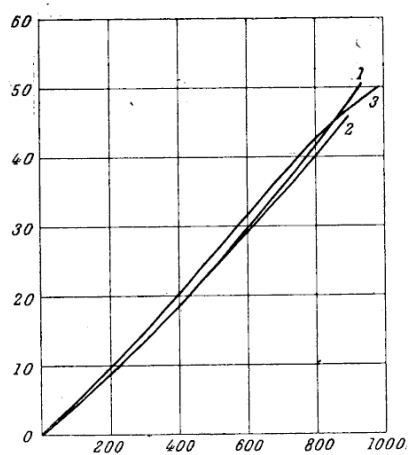


Fig. 9.

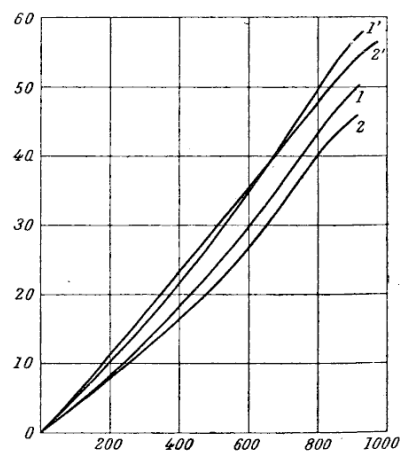


Fig. 10.

La baguette n° 1 est jaune à la surface et la dilatation est régulière.

La baguette n° 2 est jaune également, un peu bulleuse.

La baguette n° 3 est jaune plus pâle et très bulleuse. Le retrait à la cuisson est de 4,76 p. 100.

La dilatation est sensiblement celle de la porcelaine, mais vers 700°, la courbe n° 3 s'abaisse un peu et vient couper les deux premières.

CRAIE 20 p. 100. FIG. 10, 1 ET 2

CRAIE 33 p. 100. FIG. 10, 1' ET 2'

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1	12,9	23,3	36,8	48,5
1250°	2	12,0	21,5	33,6	45,0
1000°	1'	16,0	28,0	42,9	56,0
1250°	2'	17,2	29,0	42,0	53,3

La dilatation varie très peu avec la proportion de carbonate de chaux et la température de cuisson.

FLUORURE DE CALCIUM

1 20 p. 100 CaF₂

2 40 p. 100 plâtre, id. 10 p. 100 CaF₂

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1250°	1	16,7	27,5	41,0	56,0
1250°	2	13,3	23,2	34,4	47,0

Ces résultats sont très voisins de ceux que donne le plâtre seul.

BORATE DE ZINC

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1370°	BZ	13,0	23,2	34,0	44,0

Cette baguette contenant 20 p. 100 de borate de zinc est grise, très bulleuse. La dilatation est celle de la porcelaine à très peu près.

OXYDE DE ZINC 20 p. 100 Z (FIG. 12)

ALUMINE 20 p. 100 A (FIG. 12)

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1250°	Z	31,0	44,5	50,6	65,5
1250°	A	21,0	32,5	45,5	56,4

La baguette A renfermant de l'alumine en excès n'était pas très dure.

La baguette renfermant de l'oxyde de zinc était également assez tendre, mais d'une grande blancheur.

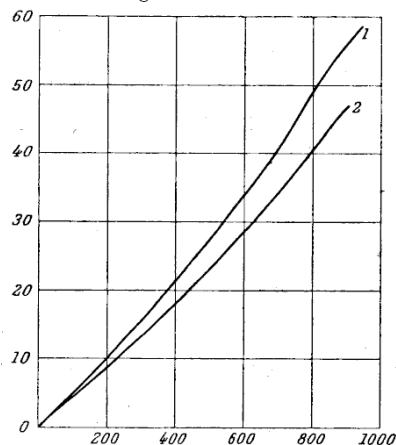


Fig. 11.

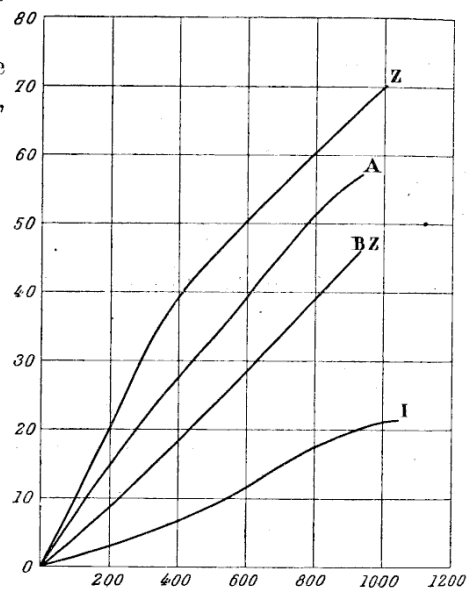


Fig. 12.

CARBONATE DE LITHINE (FIG. 13)

Carbonate de lithine.	20 p. 100	1	1000° — 1
—	—	2	1250° — 2
Carbonate de lithine.	10 p. 100	1'	1000° — 1'
—	—	2'	1250° — 2'
—	—	3'	1370° — 3'

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1000°	1	4,5	11,5	16,4	17,5
1250°	2	5,5	10,4	15,0	18,0
1000°	1'	9,5	18,6	29,2	39,1
1250°	2'	9,0	16,2	24,8	31,0
1370°	3'	6,5	13,3	21,5	28,5

Ces pâtes sont remarquables par les faibles dilatations qu'elles donnent surtout avec les mélanges les plus riches en lithine. Mais ces dilatations sont très variables avec les conditions de la cuisson. Souvent les dilatations sont notablement plus élevées sans qu'il ait été possible de préciser les conditions qui donnent le minimum de dilatation. Il peut y avoir volatilisation de la lithine dans les atmosphères réductrices, ou cristallisation du silicate de lithine, ces phénomènes se produisent irrégulièrement d'une opération à l'autre.

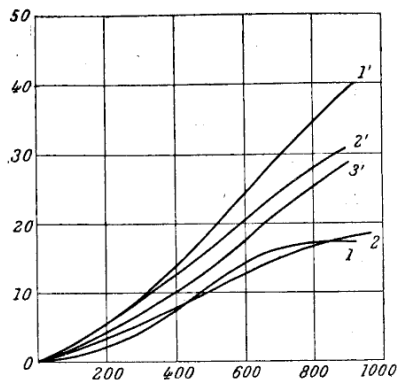
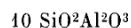


Fig. 13.

DEUXIÈME PARTIE

PÂTE SILICEUSE



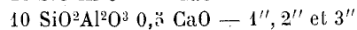
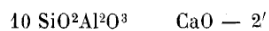
Sans addition (fig. 14).

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1250°	2	21,0	41,0	68,3	83,5
1370°	3	41,5	68,0	94,5	112,0

La baguette cuite à 1250° est blanche, la dilatation est très élevée; celle cuite à 1370° est blanche également et la dilatation résulte des transformations de la silice déjà étudiées par MM. H. Le Chatelier et Coupeau.

La courbe de dilatation qui, au début, a une tendance à présenter une concavité dirigée vers le bas, prend, à partir de 275°, la forme d'une ligne droite qui continue jusqu'à 800° pour se terminer normalement.

CHAUX (FIG. 15)



TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1250°	2'	43,5	63,8	85,0	98,8
1000°	1''	23,0	45,5	76,0	93,5
1250°	2''	54,3	66,5	78,4	89,5
1330°	3''	63,5	97,0	119,0	136,5

La baguette 2' cuite à 1250° est blanche, avec quelques petites bulles. Le retrait, après cuisson, est négatif; il y a un gonflement, 2,81 p. 100.

La courbe de dilatation présente une concavité tournée vers le bas dont le maximum se trouve à 260° et suit alors une ligne droite jusque vers 800°.

La baguette 1'' est blanche, le retrait est encore négatif. Il y a gonflement, 2,54 p. 100.

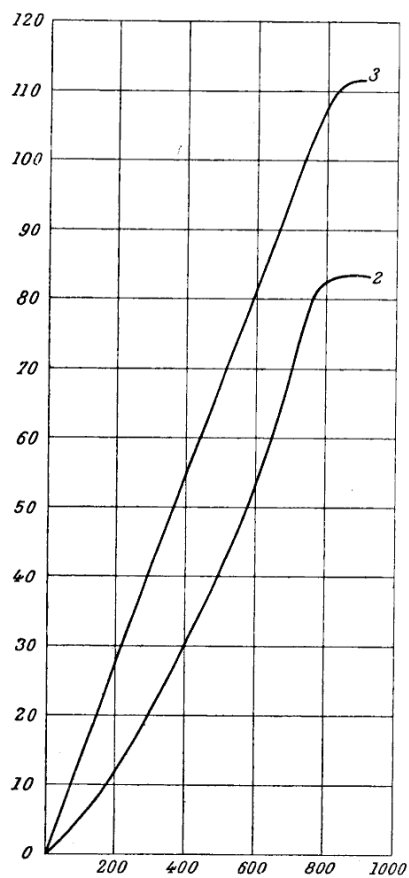


Fig. 14.

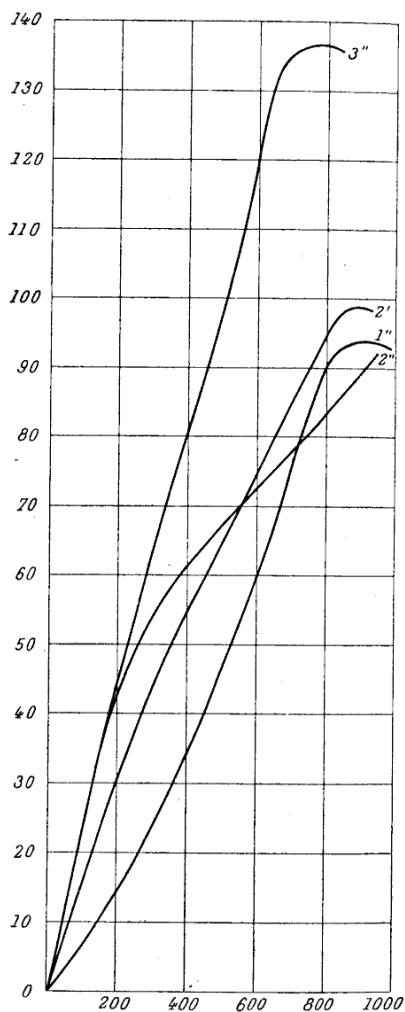


Fig. 15.

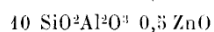
La dilatation paraît régulière, la baguette 2'' cuite à 1250° est blanche comme les précédentes, le gonflement est de 2,83 p. 100.

La dilatation est très irrégulière, s'élevant par une ligne droite jusqu'à 150°, la courbe s'abaisse ensuite jusqu'à 420° et se continue par une ligne absolument droite.

La baguette 3'' cuite à 1370° présente une couleur d'un blanc grisâtre, elle est très dure et a l'aspect de la porcelaine cuite. Le retrait est 2,13 p. 100.

La courbe de dilatation s'élève rapidement et se confond jusqu'à 170° avec celle du n° 2'', à 480°; la courbe, qui présente une concavité dirigée vers le bas, se relève à partir de ce point et prend la marche normale.

OXYDE DE ZINC (FIG. 16)



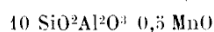
TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1	23,0	43,7	73,5	87,0
1250°	2	41,9	70,1	95,9	114,6
1370°	3	93,7	109,6	121,3	130,6

La baguette cuite à 1000° est blanche, elle présente un gonflement de 2,01 p. 100, la dilatation normale.

La baguette cuite à 1250° est blanche également, non déformée, le retrait est nul, 0,00 p. 100. La dilatation donne une courbe se rapprochant beaucoup d'une droite.

La baguette cuite à 1370° est d'un blanc jaunâtre, paraît fondue sur les bords, non déformée. La dilatation donne une courbe qui s'élève rapidement jusque vers 260°, s'abaisse ensuite et forme un coude de 260° à 360° pour se terminer par une ligne droite.

OXYDE DE MANGANÈSE (FIG. 17)



TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°	300°	500°	700°	900°
1000°	1	27,5	52,0	89,0	101,0
1250°	2	72,2	89,5	105,8	117,0

La baguette n° 1, cuite à 1000°, est de couleur gris tendre; le gonflement est de 0,9 p. 100, dilatation normale.

La baguette n° 2 cuite à 1250° est de couleur marron plus dure que la précédente. Gonflement 2,7 p. 100.

La dilatation donne une courbe qui s'élève régulièrement jusqu'à 540° en donnant une courbe dont la concavité se trouve dirigée en bas pour reprendre ensuite la marche normale.

La baguette n° 3 manque, il y a de fortes présomptions de penser que de même que, dans les exemples précédents, la courbe de dilatation serait encore la plus élevée.

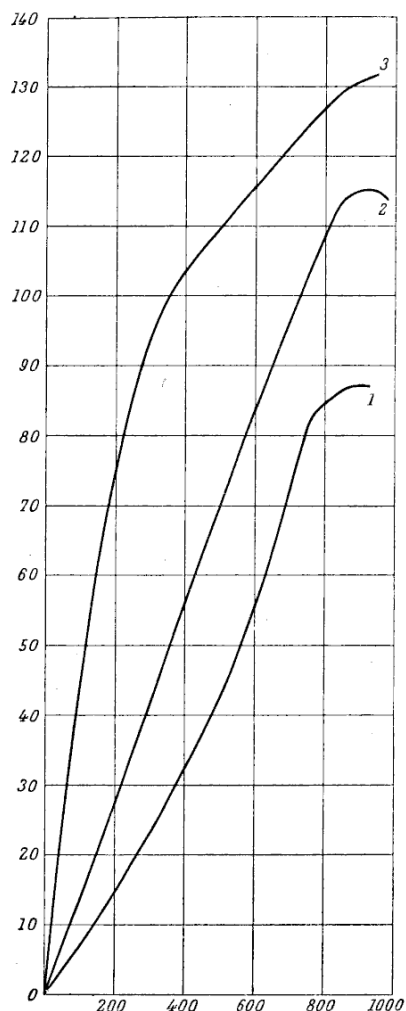


Fig. 16.

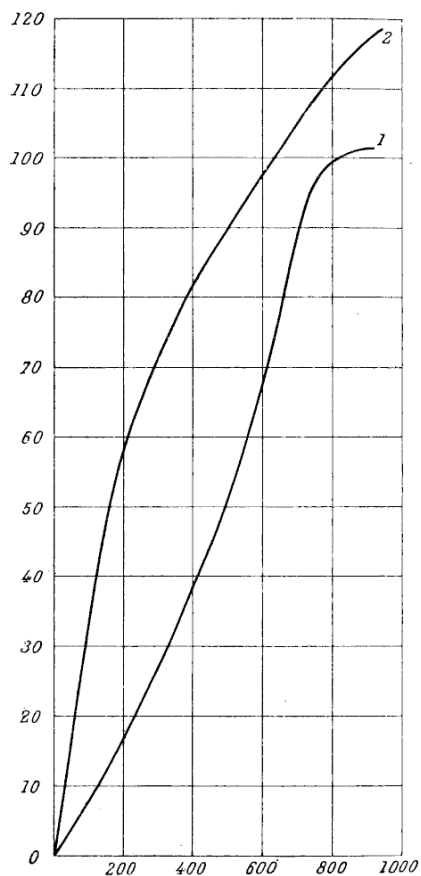


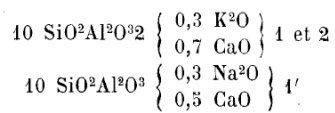
Fig. 17.

OXYDE DE CUIVRE (FIG. 18)

10 SiO₂ Al₂O₃ 0,5 CuO

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N°s	300°	500°	700°	900°
1000°	1	36,5	61,6	92,2	112,0
1250°	2	70,0	86,5	101,6	112,8

CHAUX ET POTASSE (FIG. 19)



TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1 000°	1	13,1	28,0	46,0	57,0
1 250°	2	18,4	30,2	47,7	73,0
1 000°	1'	31,5	48,4	68,3	83,6

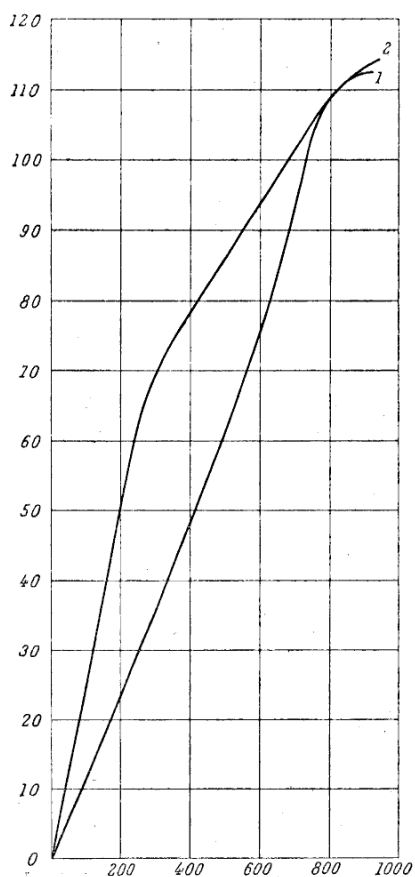


Fig. 18.

La baguette 1 cuite à 1 000 est de couleur grisâtre, non déformée et tendre; gonflement 1,9, dilatation normale.

La baguette 2 a la couleur du verre

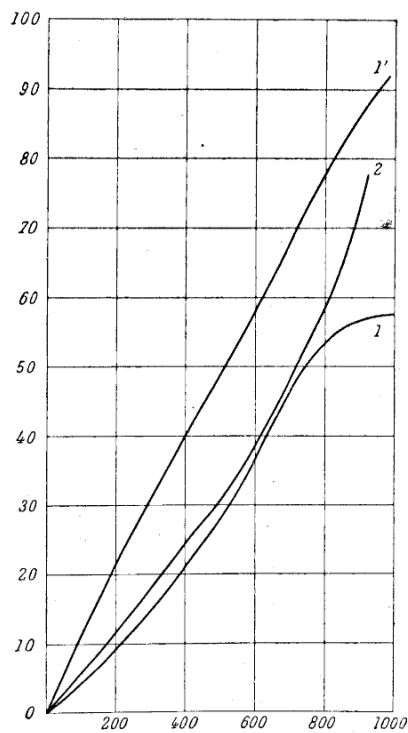


Fig. 19.

vert, vitreuse, légèrement cintrée; le retrait n'a pu être déterminé. Jusqu'à 920°,

la dilatation paraît croître régulièrement avec la température; la pâte est très dure.

La baguette 1' cuite à 1000° est rougeâtre. Retrait 2,8 p. 100, dilatation à peu près normale.

Dans ces dernières baguettes, une partie de la silice a été introduite sous forme de verre ou de feldspath, de telle sorte que la proportion de sable quartzeux employé a été moindre que dans les mélanges précédents. C'est à cette cause ainsi qu'à l'action fondante des alcalis sur la silice, que sont dues les valeurs relativement faibles de la dilatation.

CARBONATE DE LITHINE (FIG. 20)

10 SiO₂ Al₂O₃ 2 LiO 1 et 2

10 SiO₂ Al₂O₃ LiO 1' et 2'

10 SiO₂ Al₂O₃ 0,5 LiO 1'', 2'' et 3''

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1000°	1	3,0	3,6	8,6	10,0
1250°	2	1,4	1,4	4,8	12,0
1000°	1'	8,9	16,3	28,0	28,0
1250°	2'	6,8	12,0	22,0	20,0
1000°	1''	19,1	35,3	64,0	61,0
1250°	2''	14,5	30,5	46,4	45,0
1370°	3''	30,0	34,5	39,7	43,0

Toutes les baguettes sont colorées en rouge à la surface par l'oxyde de fer qui est venu s'y concentrer. La présence de la lithine donne une grande mobilité à cet oxyde.

Il est très remarquable de voir combien la lithine abaisse dans certains cas les coefficients de dilatation. Ces résultats cependant ne s'obtiennent pas d'une façon régulière; les dilatations varient notablement avec les conditions de la cuisson, sans qu'il ait été possible de préciser exactement la nature de ces conditions.

MAGNÉSIE (FIG. 21)

10 SiO₂ Al₂O₃ 0,5 MgO — 3

10 SiO₂ Al₂O₃ 0,3 { 0,5 CaO
0,5 MgO — 3'

TEMPÉRATURE DE CUISSON.	N ^{os}	300°	500°	700°	900°
1370°	3	46	52,5	62	66
1370°	3'	75	87	99	105

Il résulte des recherches faites sur les mélanges siliceux que, en l'absence d'alcalis, on obtient les dilatations considérables et irrégulières caractéristiques de l'état de la silice obtenue par calcination du quartz à une température élevée.

Les alcalis en faisant passer la silice à l'état amorphe diminuent consi-

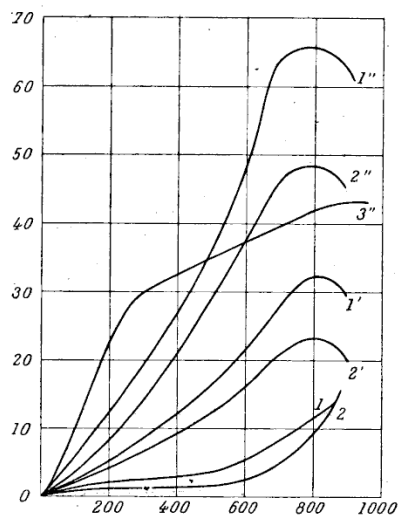


Fig. 20.

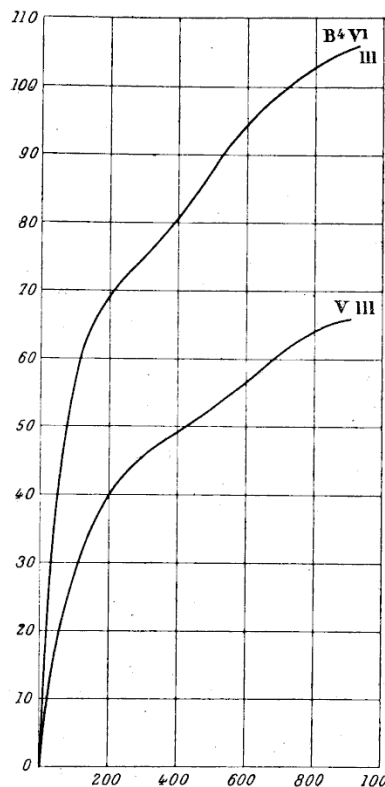


Fig. 21.

dérablement cette dilatation, et d'autant plus que la température de cuisson a été plus élevée.

MÉTALLURGIE

CONSTITUTION CHIMIQUE DES ACIERS; INFLUENCE DE LA TREMPÉ SUR L'ÉTAT DE COMBINAISON DES ÉLÉMENTS AUTRES QUE LE CARBONE. Note de MM. Carnot et Goutal (1).

Comme suite à nos recherches sur la constitution chimique des aciers, il nous a paru intéressant de voir si la trempe est susceptible de modifier l'état de combinaison des divers éléments contenus dans les produits de la sidérurgie.

Nos déterminations nouvelles ont porté sur le soufre, le phosphore, l'arsenic, le cuivre et le nickel.

Soufre. — Les aciers sulfurés et manganésés, lentement refroidis, renferment la combinaison MnS de préférence au composé FeS. L'attaque par le chlorure double de cuivre et de potassium absolument neutre donne, en effet, un résidu de sulfure de cuivre correspondant au sulfure de manganèse décomposé par ce réactif, tandis que, dans les mêmes conditions, le sulfure de fer resterait inaltéré (2).

En réalisant la même attaque sur un acide trempé contenant :

Carbone.. . . .	0,17
Manganèse.	0,63
Soufre.	0,18

et lavant avec grand soin le résidu, on y retrouve la totalité du soufre combiné au cuivre dans la proportion exacte des poids atomiques (pour 10 grammes d'acier : soufre, 16^{mgr},8; cuivre, 34^{mgr},4).

On peut donc admettre que la trempe ne modifie pas l'état de combinaison du soufre dans les aciers manganésés.

Phosphore. — Nous avons vu que les aciers phosphorés lentement refroidis, traités par le chlorure de cuivre et de potassium exactement neutralisé, abandonnent un phosphure de fer correspondant à la totalité du phosphore contenu dans l'échantillon d'acier essayé, et pour lequel un grand nombre d'analyses fournissent une composition moyenne correspondant à la formule Fe³Ph (2).

La présence de quelques centièmes de manganèse ne modifie pas ce groupement, le phosphore demeurant combiné entièrement au fer seul.

Un échantillon d'acier trempé tenant :

Carbone.. . . .	0,35
Manganèse.	1,48
Phosphore.	0,37

nous a permis d'isoler par le réactif cuivrique le même phosphure de fer, exempt de manganèse, que celui trouvé antérieurement dans les aciers non trempés. 10 grammes de cet acier ont fourni un résidu insoluble contenant 33^{mgr},2 de phosphore et 165 milligrammes de fer, sans trace de manganèse.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 juillet, p. 92.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 148, 19 juillet, 1897.

(3) *Comptes rendus*, 19 juillet 1898, p. 148.

L'état de combinaison du phosphore n'est donc pas modifié par la trempe dans les aciers manganésés.

Arsenic. — L'arsenic, dans les aciers non trempés, paraît ne pas former de combinaison avec le fer et s'y trouver simplement dissous.

Nous avons vu précédemment (1) que ces aciers, traités par un acide faible à l'abri du contact de l'air, fournissent un résidu d'arsenic libre, sans perte sensible d'arsenic dans les produits gazeux ou la dissolution.

Il en est autrement pour les aciers trempés.

Un échantillon trempé contenant 1,12 p. 100 d'arsenic et 0,09 p. 100 de carbone, attaqué par l'acide sulfurique à 7 p. 100, à l'abri de l'air, a fourni sur 10 grammes un résidu pesant, après dessiccation, 0^{gr},265, et contenant la presque totalité de l'arsenic.

Ce résidu, chauffé dans un courant d'azote pur et sec, sans atteindre le rouge, perd 0^{gr},126, constitués par de l'arsenic libre et de l'eau. La partie fixe est attaquée par l'acide azotique et la solution évaporée en présence d'acide sulfurique jusqu'à apparition de fumées blanches abondantes. Un peu de silice est séparée par filtration. L'acide arsénique est réduit par l'acide sulfureux que l'on chasse à l'ébullition. L'hydrogène sulfuré précipite un mélange de sulfures d'arsenic et de cuivre, que l'on sépare à l'aide du carbonate d'ammoniaque; enfin, le fer est précipité par l'ammoniaque après peroxydation. Les résultats trouvés sont :

Arsenic	43,2 p. 100
Fer	40,0 —
Cuivre.	11,6 —
Silice	2,4 —

soit, comme rapports de poids atomiques : arsenic 0,7; fer 0,8; cuivre 0,2.

En faisant abstraction de la silice, que nous pouvons considérer comme impurété, la formule de l'arséniure isolé correspondrait presque exactement à M^3As^2 .

Mais la présence accidentelle de cuivre dans l'échantillon essayé laisse malheureusement subsister un doute sur la composition de l'arséniure de fer. Aussi nous a-t-il paru nécessaire de chercher à la contrôler.

A cet effet, nous avons trempé un échantillon d'acier à l'arsenic, ne contenant pas de cuivre, qui nous avait servi dans nos recherches antérieures. Cet acier, dont la teneur atteint 4,25 p. 100 d'arsenic, a donné, dans deux essais opérés par la méthode ci-dessus décrite, des résidus formés de :

	I	II
Arsenic p. 100	40,2	40,3
Fer p. 100	59,0	59,5

En ne tenant pas compte d'une petite quantité de carbure de fer difficile à séparer ici, le rapport des poids atomiques est très voisin de la formule Fe^2As , qui correspond à la composition suivante :

Arsenic.	40,1
Fer.	59,7

Contrairement à ce que nous avons signalé pour l'acier au cuivre, une quantité sensible d'arsenic est entrée en solution pendant la désagrégation de l'échantillon par la liqueur faiblement acide.

En résumé, il paraît hors de doute que les aciers à l'arsenic lentement refroidis ne contiennent que de l'arsenic non combiné, tandis que les aciers trempés contiennent également un arséniure de fer. Nous adopterons pour ce dernier la formule Fe^2As , comme probable ou du moins très voisine de la véritable, tout en admettant qu'il puisse exister, dans les aciers au cuivre, un arséniure simple ou double, plus riche en arsenic.

(1) *Comptes rendus, loc. cit.*

L'arsenic agit donc dans les produits sidérurgiques, à la façon du carbone : il donne par la trempe des composés définis, tandis que, sous l'influence d'un lent refroidissement, il s'isole de toute combinaison.

Il est intéressant de remarquer combien est différent le rôle que jouent l'arsenic et le phosphore, puisque celui-ci se trouve toujours entièrement combiné, tandis que l'arsenic ne se trouve combiné, totalement ou partiellement, que dans les aciers trempés et qu'il est absolument libre dans les aciers refroidis lentement.

Cuivre. — Nous avons dit que les aciers en cuivre non trempés, traités par un acide faible à l'abri de l'oxygène, laissent un résidu de cuivre pur (1); il en est de même pour les échantillons trempés.

Pour éviter une erreur d'interprétation due à la précipitation possible, par le fer non attaqué, du cuivre entrant en dissolution, nous avons modifié la méthode d'attaque en employant un nouveau réactif, nous nous sommes servi d'une solution de sel ammoniac additionnée d'eau oxygénée, soigneusement neutralisée.

Le fer se transforme en peroxyde, que l'on sépare de la masse plus dense, non encore transformée, par simple agitation et décantation. Durant les premiers jours d'attaque, le cuivre n'est pas dissous. Lorsque des traces de ce métal commencent à apparaître dans les eaux de décantation, on lave soigneusement le résidu, on le sèche à l'alcool absolu puis à l'éther, et on l'observe au microscope. Il est facile de distinguer alors des fils ténus et contournés de cuivre pur, engagés dans la masse non encore désagrégée et se prolongeant parfois assez loin au dehors de cette masse même. L'aspect est complètement différent de celui que pourrait offrir le cuivre précipité sur le fer dans les mêmes conditions. Il correspond bien à celui que présente un métal pur, disséminé par solidification postérieure dans la masse d'un autre métal moins fusible.

En traitant cette masse par de l'ammoniaque additionnée d'une faible quantité d'eau oxygénée, on dissout le cuivre libre et l'on peut continuer l'attaque par le chlorhydrate d'ammoniaque, comme précédemment. Après avoir traité plusieurs fois, alternativement par le chlorhydrate et par l'ammoniaque en présence d'eau oxygénée, on obtient un résidu excessivement faible, non magnétique, contenant encore du fer et du cuivre. Est-ce un alliage ou un carbure? la très faible quantité que nous avons isolée ne nous permet pas encore de répondre à cette question.

On peut remarquer, d'autre part, qu'une solution ammoniacale étendue, additionnée d'une faible quantité d'eau oxygénée, lorsqu'elle agit directement sur un acier au cuivre finement pulvérisé, produit une dissolution partielle du cuivre, se traduisant par une faible coloration bleue.

Ces diverses observations conduisent à admettre que la plus grande partie du cuivre ne contracte pas d'alliage défini avec le fer dans les produits sidérurgiques à faible teneur, trempés ou non.

Nickel. — Les mêmes procédés d'attaque appliqués aux aciers trempés de faible teneur en nickel n'ont pas permis une séparation assez nette pour fournir des conclusions certaines.

Les deux métaux entrent simultanément en solution, comme dans le cas des aciers refroidis lentement.

Nous n'avons, d'ailleurs, pas trouvé de carbure de nickel dans les échantillons très peu carburés, trempés ou non trempés que nous avons essayés, et nous pensons que le nickel s'y trouve libre, à l'état de mélange ou de dissolution, d'alliage défini.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 213.

NOTES DE MÉCANIQUE

MONOGRAPHIE DU LABORATOIRE DE MÉCANIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Par M. V. Duvclshauvers-Dery, Directeur (1).

On est tous d'accord aujourd'hui sur la nécessité d'adjoindre des laboratoires aux autres outils qui servent à l'enseignement de la science des machines. Mon honorable collègue, M. Van Beneden, professeur d'anatomie comparée, comparant l'étude du mécanisme créé de main d'homme à celle de l'organisme humain, dit : « Je me figure que, pour connaître la machine, il ne suffit pas d'être initié à *son anatomie*; il faut encore connaître les conditions de son fonctionnement, en d'autres termes, *sa physiologie*. Or, la physiologie est une science expérimentale... »

L'ensemble des connaissances qui constituent la science des machines comprend :

1° La mécanique abstraite;

2° La description raisonnée des machines, leur anatomie;

3° L'art de la construction des machines et celui de l'exécution et du montage des pièces;

4° La physiologie des machines, c'est-à-dire la connaissance expérimentale des conditions de vie de la machine.

Des musées, des collections de modèles peuvent suffire à l'enseignement des trois premières parties, mais sont sans valeur pour celui de la physiologie des machines, que l'on comprend souvent sous le nom de mécanique appliquée aux machines. La nécessité d'un laboratoire de mécanique résulte du caractère expérimental de cette dernière partie de la science des machines.

Il y a quelque dix ans, j'avais sollicité l'opinion de professeurs et ingénieurs renommés, dont plusieurs font la gloire et l'ornement de ce Congrès sur l'utilité d'annexer des laboratoires de mécanique aux écoles d'ingénieurs. L'un d'entre eux, mon ami Julien Weiler, me répondit par une lettre ouverte, élargissant la question et l'étendant à toutes les lacunes de notre enseignement. Cette lettre fut adressée à tous les ingénieurs belges figurant sur les listes des diverses sociétés, ainsi qu'à plusieurs étrangers, avec demande de donner leur avis motivé dans une forme qui en permit la publication. Ces avis sont recueillis dans un volume publié en 1893 sous le titre de : *Referendum des ingénieurs, enquête sur l'enseignement de la mécanique*. Liège, Marcel Nierstrasz.

On y voit clairement que, s'il y a des divergences d'opinion sur plusieurs points de la lettre de M. Weiler, l'unanimité est acquise à l'utilité des laboratoires de mécanique. Et de Comberousse a résumé l'opinion générale en ces termes : *La mécanique ne peut pas aujourd'hui se passer de laboratoires plus que la chimie*. Plusieurs ont cru trouver dans la lettre ouverte une tendance de l'auteur à amoindrir, sinon à exclure, l'enseignement théorique, pour lui substituer une sorte de pratique que donnerait le laboratoire. Comme si les laboratoires de chimie avaient exclu l'enseignement théorique de la chimie ! N'ont-ils pas, au contraire, provoqué des recherches qui ont enrichi le domaine de la théorie, autant que celui des affaires industrielles ?

Le fond de la pensée de M. Weiler, qui ressort visiblement de son écrit, sera bien

(1) Mémoire présenté au Congrès international de mécanique de 1900.

mis en lumière, je crois, par une simple comparaison qui a malheureusement le défaut d'un peu de vulgarité.

Vous voulez faire de votre fils un bon joueur de billard. On vous présente deux écoles pour le former. Laquelle choisirez-vous ?

Dans la *première*, on le met immédiatement à l'œuvre, avec un billard et des billes ; on le fait s'exercer lui-même à faire des effets, à couler, à faire des coups particuliers, etc. Pour ne pas laisser au hasard et à sa divination seule la recherche du comment et du pourquoi des effets et des réflexions comme des transformations de mouvement, on lui donne un enseignement théorique, méthodique, mais ayant toujours l'appui de l'exemple pris sur le vif. Ainsi, par l'exercice, l'apprenti a la théorie gravée dans la mémoire ; il sait, à ne pas l'oublier, tout ce que comporte la théorie de son art ; il ne le sait pas seulement pour un jour, pour le jour où, par un examen, on jauge ce qu'il a conservé de ses études dans son cerveau, mais pour toujours, et surtout pour le mettre en pratique quand il en sera requis.

Dans la *deuxième* école, il n'y a ni billard, ni billes ; mais l'enseignement théorique y est fortement organisé, complet, bien pondéré, année par année, avec une suite parfaite, des interrogations périodiques multipliées et un examen général à la fin de chaque année. On verse aux élèves à pleines mains la mécanique abstraite et les mathématiques qu'elle comporte, la mécanique appliquée aux chocs particulièrement, à l'élasticité, aux transformations de mouvements par l'effet de la réflexion sur des bandes ou des sphères, aux frottements de roulement, etc., etc. Même on ajoute des notions complètes sur l'art de fabriquer les billards et les billes, sur les défauts de fabrication et les moyens d'y parer, sur les meilleurs matériaux, tant ivoire que bois, ardoises, étoffes, etc. Botanique, chimie, géologie, sont des fondements de connaissance nécessaires comme les mathématiques.

Pour absorber tant de matières, il faut à l'élève quatre à cinq années d'études ; et, comme on ne peut pas indéfiniment verser de la science dans son cerveau sans qu'il déborde, on jauge son contenu à la fin de chaque année ; et le pauvre cerveau s'empresse ensuite d'aller se vider, sans le secours d'aucun professeur, pour se préparer aux exercices de l'année suivante. Ce qu'il a conservé au bout de ses études, couronnées du diplôme tant envié, lui sera-t-il utile dans sa carrière de joueur de billard ? On l'ignore ; ce point reste livré au hasard bien plus que l'étude des principes pour celui qui a été nourri d'abord des applications pratiques. Le jeune diplômé aura donc des connaissances générales, étendues, toutes groupées autour de l'art du billard ; mais devant des billes, il ne prouvera qu'une incapacité pratique plus grande de beaucoup que celle d'un élève n'ayant que deux ou trois leçons dans la première école. S'il s'agissait de discuter la manière de faire les coups, de produire les effets, etc., peut-être reprendrait-il l'avantage sur l'élève de la première école à son début, et son apprentissage de la pratique aura moins de durée.

Je le demande : A laquelle de ces écoles le père confiera-t-il l'éducation de son fils ? A la première, s'il en veut faire un artiste au jeu de billard. A la deuxième, s'il se contente d'en faire un homme complet, connaissant les fondements des sciences qui sont groupés autour de l'art de jouer au billard et en font un ensemble analogue à celui qu'on a nommé humanité.

Or, M. Weiler voulait adjoindre des exercices de jeu de billard aux études encyclopédiques de la deuxième école, estimant que ce qui manquait au jeune joueur de billard c'était le maniement pratique qui crée le sentiment de la direction, de l'im-

pulsion, etc., toutes choses réelles et utilisables que l'on n'acquiert pas par des formules mathématiques.

De même on peut apprendre à calculer, dessiner et rédiger des projets de machines sans en avoir jamais vu fonctionner; il suffit de suivre intelligemment les méthodes enseignées. Mais ce que l'on ne peut acquérir sans les exercices du laboratoire, c'est la connaissance du fonctionnement des machines, de leur manière de vivre et de se comporter, de leurs vices et de leurs vertus, des soins qu'elles réclament pour être capables de produire les effets voulus tout en se conservant en santé et bonne contenance : autant de choses aussi précieuses en pratique, qu'impossibles à faire entrer dans nos formules. Il y faut du coup d'œil, ce qui ne vient pas à qui ne voit que du papier, de l'écriture et des images.

Donc l'enquête de M. Weiler, ouverte à tout le monde, offrant une tribune libre à toute personne qui voudrait exprimer sa pensée au sujet de l'éducation des ingénieurs, a montré, qu'à l'unanimité, on considérerait les laboratoires de mécanique comme une annexe indispensable aux écoles techniques. Aujourd'hui que la plupart en sont pourvues, on peut affirmer que, rester en arrière du progrès sur ce point, c'est risquer de faire tarir une des sources les plus abondantes de la richesse publique. On ne discute pas les laboratoires d'électricité; pourquoi hésiter pour les laboratoires qui mettent en valeur d'autres forces naturelles, telles que la chaleur et l'attraction?

On a fait une objection fondée à l'introduction des travaux de laboratoire de mécanique : ils ne trouveraient plus place dans des programmes déjà trop touffus et produisant un surmenage fatal au cerveau comme à la santé des jeunes gens et au niveau même de l'enseignement. Les laboratoires de mécanique ne rendront donc tous les services qu'il est permis d'en attendre que si les jeunes gens trouvent le temps de s'y livrer à des travaux sérieux; et, pour le leur procurer, il faudrait sabrer vigoureusement dans les touffes des programmes.

C'est vrai; seulement, faut-il que les laboratoires de mécanique, à l'exception des autres moyens d'enseignement, rendent immédiatement tous les services qu'il est permis d'en attendre? A-t-on tenu cette rigueur aux laboratoires de chimie? Les exercices pratiques de chimie ont pris petit à petit une large place dans les programmes touffus; pourquoi le même sort serait-il interdit aux laboratoires de mécanique, surtout dans les écoles qui forment des ingénieurs mécaniciens? Il faut les introduire au risque de n'avoir présentement qu'une partie de l'effet utile qu'ils donneront en entier un jour, quand on aura sagement émondé les programmes et qu'on en aura enlevé les verrues qui cachent les beautés foncières de ses formes. Là où les mœurs et coutumes soulèvent des résistances (surtout des questions d'amour-propre et de personnalités) à l'introduction des laboratoires dans les écoles techniques, il faut les enfoncer à coups de marteau, comme des clous, dans le programme touffu.

Ce sont de telles résistances qui m'ont coûté vingt ans d'efforts incessants, perpétuellement renouvelés, de 1873 à 1893, pour arriver à posséder seulement les éléments d'un laboratoire, une machine à vapeur avec les instruments de mesure et un bâtiment pour protéger le tout. Si je me permets d'en parler en présence de tant d'autorités dont les moments sont précieux, c'est qu'il en a été question au dernier Congrès de mécanique de Paris en 1889, et que j'ai à remercier ce Congrès de son appui moral décisif qui a assuré mon succès; car, quatre ans après, la machine de mon laboratoire roulait sous les yeux de mes élèves et était soumise à leurs observations et investigations.

Un laboratoire de mécanique, qui doit être approprié au milieu dont il veut con-

quérir une portion, ne se fait pas tout d'un coup, ni en un jour, ni sur un patron donné qui ne tient pas compte des conditions locales, ni sans une expérience acquise au prix de nombreuses fautes et erreurs. Il en est du métier d'expérimentateur comme des autres; on peut naître avec des dispositions pour devenir expérimentateur, c'est une question d'alavisme; mais on ne le devient que de la même façon qu'on devient forgeron. Donc, en disant ici ce qui a été fait à Liège relativement à mon laboratoire, pour répondre au vœu exprimé par l'honorable président de la Commission organisatrice du Congrès, qui m'en a demandé la monographie, je n'ai aucunement la prétention d'exposer ce que doit être en général un laboratoire, ni même les traits généraux qu'il doit posséder; je veux simplement et modestement montrer ce que les circonstances ont fait le mien, avec le caractère que lui a donné une action lente et continue toujours dans la même direction, et les traces des résistances parfois violentes, le plus souvent sourdes et cachées, qui menaçaient son existence dès avant sa naissance. Je suis soutenu par l'espoir d'avoir contribué à l'œuvre que ce Congrès achèvera, l'introduction des laboratoires de mécanique dans les écoles techniques qui en manquent encore.

Conçu avant 1873, alors qu'il n'en existait pas un seul au monde, mon laboratoire est resté à l'état de projet sans commencement d'exécution jusqu'en 1878, alors que j'obtins de l'État un subside de 10 000 francs pour enrichir mes collections de *modèles*. J'en profitai pour acheter non des mécanismes isolés, peu utiles pour l'enseignement quoique conformes aux exigences de l'Administration, mais bien un ensemble de modèles de cylindre, de piston, de crosse, de bielle, d'arbre, de volant, de condenseur, de bâti et même de pierres de fondations et de blocs de maçonnerie(!), etc., propres à être assemblés et montés pour composer une machine fonctionnant et vivante. Mon programme général de machine de laboratoire était fait depuis longtemps, avec l'aide et l'inspiration de Hirn, qui m'avait initié au métier d'expérimentateur. La distribution devait se faire par quatre organes séparés, réglables chacun séparément, afin d'obtenir tel diagramme d'indicateur que l'on désirerait. Le condenseur par injection, disposé de manière à faciliter la mesure de la quantité d'eau provenant de la pompe à air. Un frein réglable à volonté et automatiquement. Des mesures prises pour faciliter l'évaluation de la quantité d'eau vaporisée dans la chaudière. Un manomètre à mercure pour mesurer la pression dans la chaudière et pour tarer les ressorts d'indicateur. Un appareil sans ficelle pour manœuvrer les porte-papier des indicateurs. Des thermomètres à air pour observer avec exactitude les températures de l'eau de condensation à son entrée et à sa sortie du condenseur. La machine membrée de manière à pouvoir marcher indifféremment à des vitesses variant entre 30 et 100 tours à la minute.

L'exécution fut confiée à la maison Beer, et la machine du laboratoire de Liège fonctionna à Bruxelles toute la durée de l'Exposition nationale de 1880. On aurait pu la monter au milieu des locaux universitaires de Liège, ne fût-ce que dans un hangar existant. L'autorisation me fut refusée et les pièces de la machine démontée restèrent remises chez le constructeur durant cinq ans malgré mes réclamations. C'est afin de la rendre utile à l'enseignement que mon ami Ch. Beer me proposa de lui donner un abri dans ses ateliers, de la monter ainsi que la chaudière, et de subir avec moi les risques et chances à courir si la résistance aveugle et obstinée à nos projets finissait par les faire abandonner. De 1885 à 1892, la machine fut montée dans un local couvert; mais la chaudière restait en plein air, sous le simple abri d'un toit sur poteaux; le tout à deux lieues de Liège. Un tramway abrégait la route, sans doute; mais un tel

déplacement pour les étudiants présentait de graves inconvénients, aussi bien que de faire des observations par tous les temps, vent, pluie, neige, froid, soleil ardent. Rien ne rebuta nos élèves, rien ne put ralentir notre zèle jusqu'au jour où le recteur Roersch ayant voulu voir de ses propres yeux nos conditions de travail, résolut fermement d'obtenir de l'État une installation dans le sein de notre Université, et digne d'elle. Il y parvint après trois années d'efforts. A la fin de 1893, le laboratoire actuel était en mesure de fonctionner utilement : les bâtiments ont coûté environ 40 000 francs et l'aménagement 30 000 francs.

Pendant les huit ans de fonctionnement à Jemeppe, dans les locaux libéralement mis à notre disposition par M. Ch. Beer, nous n'avons pas fait un seul essai qui, à notre avis, fût digne d'être présenté au public. Je n'étais pas certain de mes mesures dans des limites d'exactitude plus étroites que celles des essais appelés parfois pratiques ou industriels. Mais ces années de réclusion à Jemeppe ne furent pas perdues pour l'enseignement, loin de là. On ne naît pas expérimentateur, je l'ai dit déjà, on le devient par la même méthode que forgeron. A moins d'être un génie extraordinaire, on ne peut pas prévoir, sans avoir eu des exemples sous les yeux, toutes les circonstances qui se présenteront dans une installation donnée, tous les problèmes qu'il faudra y résoudre, soit de mécanique, soit d'organisation des essais en concordance avec les programmes d'études des élèves, sans froissement pour personne. Il y avait donc un apprentissage à faire ; et, guidé par la volonté ferme et constante d'obtenir de l'exactitude et de la précision dans toutes nos mesures, nous avons, petit à petit, tout corrigé sauf les gros défauts qui nécessiteraient des dépenses supérieures aux ressources du crédit annuel et exigeraient des subsides extraordinaires. Nous avons, enfin, enchaîné les exercices de notre laboratoire dans le programme général des études.

Les grands défauts étaient les suivants : la distribution se faisait à notre première machine par soupapes équilibrées attaquées par déclic, de manière qu'il était impossible de déterminer exactement la position du piston au moment où les organes de distribution se fermaient ou s'ouvraient. La chute des soupapes a une durée constante ou variable suivant l'entretien et autres circonstances, et si on fixe le déclic de manière à la provoquer au moment où le piston occupe une position donnée, la position qu'il occupera au moment de la fermeture dépendra de la vitesse de sa marche ; avec un même réglage, on n'obtenait pas le même degré de détente à des vitesses différentes. J'en ai fait très souvent l'expérience. Nous devions donc remplacer le système de distribution par un système desmodromique de quatre tiroirs, actionnés par excentriques, qu'on peut régler à volonté l'un indépendamment des autres. Notre système actuel est tel que nous pouvons régler les ouvertures et fermetures des lumières à moins d'un dixième de millième de la course du piston. Le cylindre devait donc être remplacé par un autre.

Le condenseur par injection devait être aussi remplacé par un condenseur par surface. En effet, nous déterminions, par empotement, le poids d'eau sortant de la pompe à air et comprenant celle qui avait évolué dans le cylindre, M_a , et celle par laquelle on avait condensé la vapeur, M_e . On observait donc $M_a + M_e$, la somme, et il fallait un autre moyen pour déterminer les deux termes séparément. Nous employions le moyen bien connu consistant à constater le niveau et la pression à la chaudière au commencement et à la fin de l'essai, le poids d'eau d'alimentation introduite au cours de l'essai, et évaluant les fuites au jugé ; enfin, on arrêtait la machine pour la remettre en marche et commencer l'essai, et on l'arrêtait de nouveau à la fin. Pour obtenir un

peu d'exactitude par cette méthode, il faut que la durée de l'essai soit très longue, afin de noyer dans de grandes masses les erreurs des constatations du commencement et de la fin.

Ainsi l'observation des volumes d'eau dans la chaudière, au commencement et à la fin de l'essai, pouvait nous conduire à des erreurs de plus de 25 kilogrammes. Comme parfois, nous ne dépensions pas 250 kilogrammes de vapeur par heure, en fonctionnant une heure, nous risquons une erreur de 10 p. 100; il fallait fonctionner dix heures pour la réduire à 1 p. 100. Et les élèves, perdant en voyages déjà deux heures, avaient à peine deux heures à consacrer aux observations.

De plus, la méthode de jaugeage de l'eau de la pompe à air par empotement, nécessitant de multiples manipulations, entraînait aussi à des erreurs assez considérables, parce qu'elles portaient sur le poids total de l'eau, dont la vapeur condensée, et ayant évolué dans le cylindre, ne forme que la trentième partie environ.

La consommation de vapeur mesurée de cette façon, étant fort sujette à caution, nous avons résolu de la constater avec la plus rigoureuse exactitude par le moyen, employé par le colonel English, d'un condenseur par surface, où l'eau de circulation restant séparée de la vapeur condensée, peut être jaugée à part et par d'autres moyens que cette dernière, parce que la quantité en est beaucoup plus abondante.

Hirn faisait passer toute l'eau de son condenseur à injection par un orifice circulaire, et mesurait la tête d'eau moyenne, ce qui lui fournissait les éléments du calcul du volume d'eau écoulé. Nous y avons substitué un déversoir rectangulaire à l'exemple de M. Donkin, et nous l'avons taré avec le plus grand soin, le coefficient du débit étant fonction de la tête d'eau.

Pour la consommation de vapeur dans le cylindre, indépendamment de celle des enveloppes, sa mesure a commandé toute la méthode d'essai. A l'exemple de Willans, nous avons fait arriver l'eau de la pompe à air dans un bac placé sur une bascule munie d'un fléau et d'un curseur. Le curseur étant mis à une division donnée du fléau correspondant à un poids P kilogrammes d'eau dans le bac, on laisse arriver l'eau petit à petit, jusqu'à ce que le fléau, en se relevant, fasse, par un contact électrique, partir une sonnerie avertissant l'observateur qu'il y a P kilogrammes d'eau dans le bac. Cet observateur, placé en face du compte-tours, en note le numéro au moment où il entend partir le signal électrique.

Cette disposition permet de vérifier si la machine marche à un régime suffisamment constant. Voici comment. Le bac de la bascule est muni d'un robinet de vidange, qui reste ouvert jusqu'au moment où commencent les observations, de manière que, au commencement de l'essai, il n'y a pas d'eau dans le bac. L'observateur place le curseur à la division 20 kilogrammes, par exemple, il fait connaître à tous les observateurs l'heure précise du commencement de l'essai. Les montres étant réglées, chaque observateur consignera ses observations toutes les deux minutes dans un carnet *ad hoc*, à partir du signal du commencement. Ce signal est donné en pleine marche de la machine, par l'observateur de la consommation, qui, en même temps, note l'heure et le numéro du compte-tours, tandis que le robinet du bac est vivement fermé. Ensuite l'observateur de la consommation note à chaque minute, successivement, le numéro du compte-tours. Et, la sonnerie partant quand il y a 20 kilogrammes d'eau dans le bac, il note le numéro du compte-tours à l'instant du signal. Ce dernier chiffre tombe entre ceux du commencement et de la fin de la minute dans laquelle le signal est donné. On peut en déduire l'heure précise de ce signal par une simple proportion supposant que

la vitesse est régulière dans cette minute. Nous avons employé, dans ce but, tout d'abord une montre à rattrapante, mais nous avons reconnu que, malgré la plus stricte attention, nous étions loin d'atteindre la même exactitude que par le procédé précédent.

Ces inscriptions faites, l'observateur repousse le curseur à 40 kilogrammes plus loin, et de nouveau, il continue à observer le compte-tours et attend le signal de la sonnerie.

Et il recommence de la sorte, en avançant toujours de 40 en 40 kilogrammes.

De ses observations, il peut déduire *le temps* que la machine met à consommer 40 kilogrammes de vapeur, et le *nombre de tours* qu'elle a faits dans ce temps. Si ce temps et ce nombre de tours sont constants, le régime de la machine est parfait. Comme la perfection n'est pas de ce monde, force est de se contenter d'une certaine approximation.

A cet effet, nous choisissons, dans tout l'ensemble d'un essai, trois périodes successives de 40 kilogrammes qui nous donnent une approximation satisfaisante, et nous en composons l'essai. Le commencement de la première de ces périodes est, pour l'étude de l'essai, pris comme commencement de l'essai même; et la fin de la dernière période de 40 kilogrammes, comme fin de l'essai, bien que les observations soient poursuivies encore tout un temps après ce moment.

Remarquons que nous faisons toujours abstraction de la première pesée, parce que l'état du bac, au moment où l'on ferme le robinet, n'est pas toujours le même, et qu'ainsi on pourrait commettre des erreurs.

Voici un exemple des inscriptions relatives à la consommation de vapeur dans le cylindre. Il est du 17 mars 1900. La première pesée est de 10 kilogrammes, les suivantes de 30 kilogrammes chacune.

HEURES.		COMPTE-TOURS.		HEURE DU SIGNAL.		
h.	min.			h.	min.	sec.
II	45	1 737	Signal à 0 kg.			
II	48	1 875	Signal à 10 kg.	II	48	24,26
	49	1 894				
		1 922	Signal à 40 kg.	II	59	29,36
II	59	2 380				
		2 403				
	60	2 427	Signal à 70 kg.	III	10	19,57
III	10	2 888				
		2 903				
	11	2 934	Signal à 100 kg.	III	21	14,35
III	21	3 392				
		3 403				
	22	3 438	Signal à 130 kg.	III	32	9,13
III	32	3 896				
		3 903				
III	33	3 942	Signal à 160 kg.	III	43	0,00
III	42	4 355				
	43	4 401				

De ces observations, on déduit le tableau suivant :

HEURES.		DIFFÉRENCES.		COMPTE-TOURS.	DIFFÉRENCES.	POIDS.	DIFFÉRENCES.
min.	sec.	min.	sec.				
45	0,00			1 737		0	
48	24,26	3	24,26	1 894	157	10	10
59	29,36	11	5,10	2 403	509	40	30
70	49,57	10	50,21	2 903	500	70	30
81	14,35	10	54,78	3 403	500	100	30
92	9,13	10	54,78	3 903	500	130	30
103	0,00	10	50,87	4 401	498	160	30

ESSAI.	HEURES.		COMPTE-TOURS.	POIDS.	POUR MOYENNES.
	min.	sec.			h. min.
Commencement.	59	29,36	2 403	40	II 59
Fin	92	9,13	3 903	130	III 45
DIFFÉRENCE. . .	32	39,77	1 500	90 kg.	Div. 24
SOIT		1959,77	3 000 coups		

La durée totale de l'essai est donc $\Theta = 1959^s,77$. Le chronographe était réglé de manière qu'il n'y a aucune correction à faire de l'heure.

$$\theta = \frac{3\,000}{\Theta} = 0^s,6533.$$

La consommation de vapeur dans le cylindre, par coup de piston, est

$$M_a = \frac{90}{3\,000} = 0^{kg},030\,000.$$

Les moyennes des observations se faisant toutes les deux minutes porteront sur les chiffres inscrits depuis II^h,59, jusque III^h,45.

Nous ferons remarquer que, si la durée de ce que nous conservons comme essai régulier paraît courte, en revanche, la machine marchait dès 8 heures du matin et avait pris parfaitement son régime avant II^h,45, comme il est constaté par l'observation périodique de la marche des températures et d'autres quantités.

Nous avons soigné tout particulièrement la levée des diagrammes d'indicateur. Aux ficelles, nous avons substitué une liaison rigide par excentrique et bielle dans le même rapport que la manivelle et la bielle de la machine, 1 : 5; et le mouvement de la tige rigide menée par ce système commande celui des tambours par l'intermédiaire de ficelles aussi courtes que rigoureusement possible.

Jusqu'à des vitesses de 50 tours et même de 60 tours par minute, nous employons des indicateurs Richards; au delà, des Crosby.

Nous tarons souvent les ressorts de nos indicateurs afin de nous assurer de leur bonne conservation.

Nous opérons par l'application de poids directement sur le piston de l'indicateur fixé à chaud dans une position renversée. Notre mode de tarage est employé par d'autres depuis que M. Bollinckx l'a fait connaître et perfectionné. Il exige de la part de l'opérateur une grande délicatesse de manipulation. On commence par tirer la ficelle du papier pour tracer une horizontale prise comme origine. Puis on met un poids de π kilogrammes (1) et on trace une nouvelle horizontale; un deuxième poids égal de π kilogrammes et une nouvelle horizontale, et ainsi de suite dans les limites de la force du ressort. Ensuite on enlève le dernier poids et on trace une ligne qui doit, si le ressort est bon et si l'on a bien opéré, coïncider avec l'avant-dernière ligne tracée. On continue de la sorte à enlever successivement les poids jusqu'au retour à l'état primitif. Le dépôt, comme l'enlèvement des poids, doit se faire en douceur, petit à petit, de manière qu'on voie le crayon descendre ou monter sans aucune secousse; ensuite il faut s'assurer, en imprimant une légère rotation au plateau à poids, qu'il ne se produit ni frottement ni coïncement. Ces opérations se font naturellement à chaud.

Nous suivons la vapeur avec le thermomètre depuis la chaudière jusqu'à la sortie de la pompe à air. Nous avons remplacé partout les thermomètres à air par des thermomètres à mercure tarés par le Reichs-Anstalt de Berlin, parce que l'entretien des thermomètres à air était d'une excessive complication, et des accidents fréquents faisaient souvent rater des essais.

Nous avons toujours conservé le manomètre à mercure à air libre, n'ayant jamais rencontré un seul manomètre métallique qui nous assurât une équivalente précision certaine. La constatation exacte de la pression à la chaudière a trop d'importance dans un essai pour que l'on se contente de l'observation d'un manomètre métallique.

Notre frein est du système Weyher et Richmond, avec poulie graissée en dehors et refroidie en dedans par un courant d'eau. Il se règle automatiquement dans des limites fort restreintes. Il est muni de tout ce qui est nécessaire pour mesurer à la fois le travail du frottement par tour et la quantité de chaleur développée par la consommation de ce travail. Ainsi, il a pu servir à la détermination de l'équivalent mécanique de la calorie (2).

Nous avons, outre les instruments ci-dessus, un strophomètre de Ransom pour l'essai des régulateurs, un dianomégraphe de Pichault pour l'étude des distributions, un appareil Barr pour mesurer la résistance des fils métalliques, un banc d'épreuves de Kennedy, de la force de trois tonnes. Mais ces appareils ne servent encore qu'à des démonstrations et non à des expériences et à des mesures exactes, à des recherches qui conviennent mieux à un doctorat spécial qu'à l'enseignement général. Or, avant de songer à une organisation nouvelle, à une innovation, si utile qu'elle pût être, il fallait tout d'abord imposer les exercices de laboratoire et les enfoncer dans le programme

(1) Ce nombre 3,1416 kilogrammes a été choisi pour simplifier les calculs.

(2) Pour de plus amples détails, voir :

1° *Données relatives à la machine à vapeur du laboratoire de l'Université de Liège*. Liège, Desoer, 1897.

2° *Documents sur le laboratoire de l'Université de Liège*. Liège, Desoer, 1900.

3° *Revue Universelle des Mines*, etc., passim.

4° *Revue de Mécanique*, passim.

touffu, malgré toutes les résistances, malgré le manque de tout encouragement, par l'évidence seule de l'utilité des résultats obtenus, et, dans ce but, réaliser les vues de Hirn, qui, conseillant l'introduction des laboratoires dans les écoles techniques, désirait que le travail y fût organisé de manière que *les élèves pussent déjà produire des résultats utiles tout en étudiant*.

C'est vers ce but que tous nos efforts ont tendu, et dès que nos installations furent améliorées et satisfaisantes, nous avons fait part au public du résultat de nos travaux dans une série d'articles publiés dans la *Revue Universelle des Mines*, etc., et dans la *Revue de Mécanique*. Nos recherches ont porté sur l'économie des enveloppes, de la surchauffe, de la purge de la chapelle, de la compression dans l'espace mort par le piston, de l'étranglement de la vapeur avant son admission au cylindre.

Ces expériences ont donné lieu à quelques discussions portant particulièrement sur la théorie et l'interprétation des résultats, et qui ont ainsi apporté peu de lumière dans les questions, beaucoup moins que les moindres expériences n'auraient fait.

Qu'il nous soit permis, en manière de conclusions, de revenir sur l'utilité des laboratoires de mécanique.

Suivant la coutume, les élèves sont interrogés fréquemment et périodiquement par des répétiteurs. Les répétitions qui seraient réduites à de simples récitation ne présenteraient guère d'utilité. Chez nous, l'élève y apporte du sien; il doit y résoudre des problèmes numériques avec résultats chiffrés au degré d'approximation demandé. Par exemple, on lui donnera des diagrammes d'indicateur avec les renseignements voulus, et on lui demandera la force en chevaux à un dixième de cheval près; ou la consommation de vapeur par cheval-heure au gramme près, etc.

On ne changera rien à la question, mais on vivifiera l'enseignement, on le rendra plus intéressant et plus instructif, en donnant à l'élève des diagrammes et des renseignements réels et non choisis au hasard, recueillis dans un essai réel de machine où l'élève aura lui-même joué un rôle d'observateur.

Toutes les applications numériques de résistance des matériaux, de cinématique, de dynamique, de physique des machines, se rapportent à la machine du laboratoire, et c'est ainsi que celle-ci donne plus de vie à l'enseignement de la théorie, parfois rectifie même celle-ci ou la fait comprendre dans sa signification véritable. Elle sert à combler cet abîme que *Poncelet, le père de la mécanique*, a signalé comme existant entre la mécanique abstraite des corps dépourvus de propriétés physiques et la mécanique appliquée aux corps réels, pourvus d'une âme, doués de forces intérieures tendant à conserver leur forme et leur figure, résistant aux forces extérieures agissant pour les altérer, en un mot, doués d'une énergie interne, d'un caractère propre, qui se manifestent toujours au détriment de l'énergie que l'homme met à soumettre ces corps à sa propre volonté. Les corps dont nous faisons les pièces de nos machines ont une âme, une âme différant sans doute de celle des organismes animaux, mais pas plus invisible, et, comme elle, manifestant son existence par des faits, des phénomènes indéniables.

L'introduction de l'existence de l'âme des pièces de machines, dans l'étude de leurs mouvements, apporte des modifications parfois profondes dans l'application et dans les conclusions des principes de la mécanique abstraite, qui ne considère les corps que comme des solides géométriques dépourvus de qualités physiques. La grandeur, l'importance de ces modifications ne peuvent pas être mises en relief par la théorie; il y faut l'expérience; il faut que les pièces de machines soient sollicitées pour

exercer leurs résistances et dévoiler leur âme; il faut que les machines vivent et soient étudiées dans leurs fonctions; il faut, comme l'a dit mon honorable collègue, M. Van Beneden, que la machine marche devant les yeux de celui qui veut étudier aussi sa physiologie et pas seulement son anatomie.

De même, pour avoir traité le métal de nos cylindres à vapeur comme un corps géométrique dépourvu de la qualité physique d'être sensible à la chaleur, la théorie abstraite de la machine à vapeur s'est mise en flagrante contradiction avec les faits d'expérience. Hirn l'a bien fait voir, et, de même que Poncelet, il a montré un abîme à combler, et les matériaux pour le combler : l'expérience.

Quand les élèves ont vu fonctionner la machine, qu'ils ont été intéressés aux manifestations de sa vie, ils étudient avec plus de goût, à la lumière de la théorie, la manière de se comporter de la machine jusque dans les moindres détails; ainsi ils acquièrent des connaissances solides qui se gravent profondément dans la mémoire comme des *choses vues*, et qui lui font apprécier la science expérimentale au risque de perdre confiance dans la science dogmatique. Malheureusement, par suite de l'exubérance des programmes d'études, les élèves ne peuvent pas fréquenter le laboratoire aux moments les plus instructifs, ceux de la préparation et de la vérification de la machine et des instruments avant les expériences. Quoi qu'il en soit, malgré bien des imperfections, malgré la parcimonie des subsides, nous croyons avoir montré qu'un laboratoire de mécanique, annexé à une école technique, peut produire des travaux utiles à la pratique comme à la science et aux étudiants.

RAPPORT SUR L'AUTOMOBILISME, par MM. Rochet, Guenot et Mesnager (1).

EXPOSÉ GÉNÉRAL

L'automobilisme a pris, dans ces dernières années, une extension considérable : les voitures de promenade, de tourisme, les fiacres, les omnibus pour le transport en commun, les voitures de livraison, les camions, ont successivement demandé à la mécanique une traction plus puissante et plus économique.

Pour se rendre compte des causes qui ont amené cette substitution de la traction mécanique à la traction animale, il est intéressant d'étudier les différentes parties dont se composent les voitures automobiles et de faire connaître où est parvenue sur chaque point la science appliquée à la mécanique. Aussi bien, en faisant le bilan des inventions nouvelles et des perfectionnements auxquels a donné lieu l'automobilisme, fera-t-on en même temps un résumé des excellents travaux effectués depuis quelques années, notamment sur les chaudières et les machines motrices, travaux qui ont contribué à l'avancement d'autres industries.

Le présent rapport contiendra donc les divisions suivantes :

- 1° Résistances à vaincre;
- 2° Moteurs actuellement en usage. Leur spécialisation;
- 3° Parties mécaniques des voitures automobiles. Liaison du moteur avec les roues motrices. Direction de la voiture, etc.

(1) Mémoire présenté au Congrès international de mécanique de 1900.

CHAPITRE PREMIER

RÉSISTANCES A VAINCRE

Les résistances à vaincre comprennent dans le mouvement uniforme en ligne droite :

1° La résistance au roulement des roues sur la chaussée;

2° Les frottements des fusées d'essieu dans les moyeux;

3° La résistance de l'air;

4° Les pertes de force vive dues aux vibrations, transmises au sol ou à l'air, ou à des transformations en chaleur.

Si la voiture ne suit pas une route horizontale, il faut ajouter aux efforts précédents le travail nécessaire pour élever son poids.

Si le mouvement de translation n'est pas uniforme, il faut tenir compte des forces d'inertie.

La première résistance dépend de la nature et de l'état de la chaussée, de la largeur et de la nature des jantes. Elle est d'autant moindre que la roue a un plus grand diamètre.

Le frottement des fusées d'essieux dans les moyeux est proportionnel au rapport du diamètre de la fusée à celui de la roue et au coefficient de frottement des surfaces en contact. Avec les enduits gras consistants, ce coefficient atteignait 0,1; avec le graissage à l'huile, il est descendu à 0,01; avec les billes à 0,005. Ces frottements ne présentent dans l'état actuel qu'une part très faible des résistances de la voiture.

La résistance de l'air est sensiblement proportionnelle à la surface S du véhicule projetée sur un plan normal au déplacement et au carré de la vitesse. On peut admettre, à défaut d'expériences précises, la formule :

$$0,005 SV^2$$

S étant la surface en mètres carrés, V étant la vitesse en kilomètres à l'heure. Cette formule conduit aux valeurs suivantes par mètre carré de surface :

				kilogr.
Pour une vitesse de 10 kilomètres à l'heure.				0,5
—	20	—	—	2,0
—	30	—	—	4,5

Les pertes de force vive sont notablement diminuées par l'emploi des pneumatiques et des ressorts de suspension. Il résulte des expériences faites qu'on peut admettre, pour l'effort total de traction sur une chaussée moyenne, avec les dimensions de roues courantes, une fraction du poids du véhicule égale à :

$$\begin{aligned} &0,033 + 0,0006 V \text{ si les bandages sont rigides,} \\ &0,025 + 0,0004 V \text{ avec des bandages pneumatiques.} \end{aligned}$$

V étant la vitesse en kilomètres à l'heure, les efforts pouvant varier de 25 p. 100 en plus ou en moins, suivant l'état de la chaussée.

Si la voiture ne doit pas suivre une route horizontale, il faut ajouter à l'effort de traction une fraction du poids de la voiture égale à la pente de la route. Pour le calcul de la puissance des moteurs à donner aux voitures, on admet généralement que les

freins de la voiture absorbent à la descente tout le travail de la pesanteur, de sorte que le moteur doit produire un travail égal à celui qui serait nécessaire pour faire parcourir au véhicule la distance totale à franchir horizontalement, plus le travail supplémentaire nécessaire pour élever la voiture aux montées. Il en résulte que sa puissance moyenne doit être égale à la puissance nécessaire pour parcourir, à la vitesse moyenne, une route qui monterait d'une pente uniforme sur le trajet total une hauteur égale à la somme des ascensions partielles. Sur de longs parcours (100 kilomètres) on ne trouve pas, en général, plus de 0,01 pour cette pente.

Sans tenir compte de la résistance de l'air, le travail nécessaire, pour remorquer une tonne sur un kilomètre de parcours moyennement accidenté, est donc, en cheval-heure, à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure :

$$\frac{(33 + 6 + 10) \times 1000}{75 \times 3600} = 0^{\text{ch}\cdot\text{h}}, 182 \text{ avec bandage rigide;}$$

$$\frac{(25 + 4 + 10) \times 1000}{75 \times 3600} = 0^{\text{ch}\cdot\text{h}}, 145 \text{ avec bandage pneumatique.}$$

La puissance nécessaire aux jantes est donc de :

$$0,182 \text{ V} = 0,182 \times 10 = 1^{\text{ch}}, 82 \text{ avec bandage rigide;}$$

$$0,145 \text{ V} = 0,145 \times 10 = 1^{\text{ch}}, 45 \text{ avec bandage pneumatique.}$$

Nous verrons que cela entraîne des moteurs capables de donner sur l'arbre de 3 chevaux à 2^{ch}, 5.

Il y a à tenir compte des effets de l'inertie, surtout dans les démarrages. Il est indispensable de vérifier, dans chaque cas, que la puissance du moteur est suffisante pour que la mise en vitesse se fasse dans des conditions de temps acceptables.

Pour ce calcul, dans le cas du moteur à vapeur, on peut admettre que l'effort moteur est constant, car la machine peut facilement donner une puissance supérieure à la puissance moyenne pendant un temps court; l'effort, au contraire, est déterminé par la pression maxima et les dimensions du cylindre. Pour le moteur à pétrole, c'est la puissance qui est constante et l'effort moteur variable. La vitesse de régime ne peut être obtenue qu'au bout d'un temps assez long (théoriquement infini) avec ce dernier moteur, puisqu'on ne dispose, pour produire l'accélération, que d'une partie de la puissance de plus en plus petite, à mesure qu'on s'approche de la vitesse de régime.

CHAPITRE II

MOTEURS

Les trois principaux agents moteurs des automobiles sont, jusqu'à présent, les suivants :

- 1° La vapeur;
- 2° L'essence de pétrole;
- 3° L'électricité.

Quel que soit le moteur, la valeur élevée de l'effort de traction par tonne sur route impose l'obligation d'avoir un moteur léger et, par suite, un moteur à allure rapide. La puissance est, en effet, le produit du nombre de tours dans l'unité de temps par le

travail en un tour. Elle est donc proportionnelle au nombre de tours, toutes choses égales d'ailleurs.

Pour que la vitesse du véhicule reste acceptable avec les dimensions nécessaires pour les roues, on est obligé de recourir à une transmission réduisant la vitesse de rotation dans la proportion de $1/4$ à $1/16$. Cette transmission a généralement un rendement voisin de 0,6. Le rendement organique de la machine étant voisin de 0,80, la puissance recueillie aux jantes n'est que la moitié environ de la puissance indiquée avec les moteurs à vapeur et à pétrole. Avec les moteurs électriques, on obtient un rendement total voisin de 0,60 entre les bornes du moteur et la jante.

§ 1. — Moteurs à vapeur.

Ces appareils comprennent deux parties :

- 1° L'appareil producteur de vapeur;
- 2° La machine qui utilise cette vapeur.

Appareil producteur de vapeur. — Les principales préoccupations qui ont guidé les constructeurs dans l'établissement des générateurs de vapeur pour automobiles paraissent être :

- 1° La diminution du poids pour une surface de chauffe (c'est-à-dire pour une puissance de vaporisation) donnée;
- 2° La facilité de la conduite de l'appareil; la simplicité des précautions à prendre dans l'intérêt de la sécurité;
- 3° La rapidité de la mise en pression;
- 4° La faculté de disposer d'une notable réserve d'énergie pour les coups de collier à donner dans les points difficiles de la route.

Ces deux dernières qualités sont malheureusement, en général, à peu près exclusives l'une de l'autre, la mise en pression constituant précisément la création de la réserve d'énergie à emmagasiner dans le générateur pour le mettre dans son état de marche normale, et lui permettre d'en débiter éventuellement plus qu'il n'en reçoit.

La première de ces préoccupations a naturellement amené l'emploi exclusif de chaudières à tubes nombreux et de petit diamètre. Les chaudières à tubes d'eau chauffés extérieurement sont de beaucoup les plus répandues, surtout en France où les deux types prédominants sont :

La chaudière Trépardoux, modifiée par de Dion-Bouton, essentiellement composée de deux lames d'eau cylindriques annulaires concentriques réunies par un faisceau de tubes peu inclinés sur l'horizontale;

La chaudière Scotte, dérivée du type bien connu sous le nom de Field, avec la caractéristique spéciale d'un tube émulseur central.

On a employé aussi divers autres systèmes, parmi lesquels il convient de citer la chaudière Field proprement dite (voitures Schindler), une chaudière dérivée de la locomobile Hermann Lachapelle, avec multiplication des bouilleurs transversaux et des tubes cheminées (voitures Weidknecht), enfin le multitubulaire Niclausse, à tubes genre Field, placés presque horizontalement (voitures Le Blant).

Les chaudières Thornycroft et Lifu, montées sur des voitures ayant pris part aux concours de poids lourds de Liverpool, rentrent dans cette classe.

Les chaudières ignitubulaires, celles, du moins, chauffées au charbon, se sont fort peu répandues sur les voitures automobiles, et nous ne connaissons guère que la ten-

tative récemment faite dans ce sens par M. Le Blant (chaudière Fortin à foyer intérieur et tubes à fumées verticaux).

Dans tous ces types, pour arriver à la diminution de poids, qui est en automobilisme une des préoccupations essentielles, la tendance est naturellement à diminuer le plus possible le diamètre des tubes; la consommation de combustible par kilogramme d'eau vaporisée se trouve diminuée en même temps, sans doute parce qu'une même surface de chauffe, répartie en un faisceau de nombreux petits tubes qui divisent et brassent plus complètement le courant de flammes, en épuise plus la chaleur que lorsqu'elle est constituée par des éléments plus gros et moins nombreux.

Les résultats comparatifs obtenus en pratique courante (d'après les déclarations des constructeurs ou les résultats publiés des concours) à ce double point de vue ressortent des chiffres portés dans le tableau général ci-après.

Mais la réduction du diamètre des tubes est limitée par la nécessité primordiale d'assurer une circulation régulière de l'eau dans le générateur, condition essentielle pour la constance et la sécurité de son fonctionnement. Il ne semble pas qu'on ait réussi à diminuer au-dessous de 25 millimètres le diamètre des tubes cloisonnés (Field, Niclausse) et de 14 millimètres celui des tubes sans cloisonnement (Trépardoux, Weidknecht), de telle sorte que la section offerte à la circulation de l'eau ne descende pas à moins de 150 à 200 millimètres carrés. Dans les chaudières Trépardoux de Dion-Bouton, le diamètre des tubes de coup de feu doit même être porté à 21 millimètres au minimum.

Pour pousser plus loin cette diminution, il semble nécessaire de recourir à la circulation forcée de l'eau. C'est ce qu'on a fait dès le début de l'automobilisme, en poussant même à l'extrême la diminution de la section, par l'emploi des générateurs dits « à vaporisation instantanée » qui ont donné sa notoriété au nom de M. Serpollet.

Mais ces générateurs, basés sur un principe tout spécial, d'après lequel le volant d'énergie était constitué, non par une masse d'eau surchauffée, mais par la chaleur emmagasinée dans les parois mêmes des tubes, étaient loin de réaliser le *desideratum* d'un faible poids; car les tubes à section intérieure quasi capillaire, ou du moins très aplatie, devaient avoir une grande épaisseur, tant pour pouvoir emmagasiner la provision nécessaire de chaleur que pour conserver une résistance suffisante à la haute température à laquelle ils étaient normalement portés. Le poids métallique qui en résultait compensait, et bien au delà, la suppression du poids du volant d'eau, comme le montrent les chiffres de la ligne correspondante du tableau ci-annexé.

L'inventeur paraît avoir atteint plutôt le deuxième et surtout le troisième des *desiderata* ci-dessus indiqués; la rupture d'un tube d'aussi faible section pouvait, en effet, être considérée comme inoffensive et les générateurs en question purent ainsi être dispensés d'un certain nombre des appareils de sûreté réglementaires, et notamment des indicateurs de niveau.

L'usage montra, d'ailleurs, que les sections quasi capillaires primitivement employées se prétaient mal à une sûre régularité de fonctionnement et M. Serpollet lui-même, puis M. le Blant, qui établit des chaudières sur le même principe, furent amenés, tout en conservant la circulation forcée et les parois épaisses, à adopter des sections intérieures plus considérables, et jusqu'à des tubes cylindriques de 16 millimètres de diamètre (chaudière Le Blant), sans arriver à obtenir entièrement les résultats désirables.

Le principe de la vaporisation instantanée ne paraît avoir donné tous ses résultats

que par la transformation complète du mode de chauffage et l'emploi du combustible liquide.

Dans toutes les chaudières précédentes, en effet, le combustible employé était le coke, dont l'emploi était dicté par l'obligation de ne pas produire de fumée. La nécessité de le brûler dans des foyers étroits, difficiles à nettoyer et sous une grande épaisseur ne permet que l'emploi de coke sec de première qualité, et entraîne l'usage du tirage forcé.

Dans le but de diminuer le poids des approvisionnements de combustible, on avait depuis longtemps proposé de lui substituer les huiles de pétrole et de goudron. Le coke ne dégage en brûlant que 7 000 à 8 000 calories par kilogramme, tandis que l'huile de schiste en dégage 10 000 et les huiles lourdes de goudron jusqu'à 15 000.

Mais le coke valant environ 40 francs la tonne, les 1 000 calories, avec ce combustible, reviennent à $\frac{40}{7\,500} = 0 \text{ fr. } 0,0053$, et l'huile minérale coûtant environ 90 francs la

tonne, les 1 000 calories, avec ce combustible, reviennent à $\frac{90}{10\,000} = 0 \text{ fr. } 0,009$; soit près du double. Cette augmentation peut être en partie compensée par une meilleure utilisation de la chaleur, la faculté de mettre les brûleurs en veilleuse pendant les arrêts, la propreté, la commodité d'emploi qui permet de se contenter d'un homme pour la conduite du feu et de la machine, etc.

Cet emploi avait déjà été tenté au moment où l'automobilisme à pétrole commençait à peine à se développer, et l'honneur de l'idée semble en revenir à M. Roger de Moutais, qui dès 1894 engageait dans la course Paris-Rouen, organisée par le *Petit Journal*, une petite voiture à trois roues et deux places, dont la machine à vapeur était alimentée par une chaudière ignitubulaire à tubes verticaux, dans chacun desquels était installé un petit brûleur à mèche alimenté par l'essence de pétrole. Il n'en a pas été, à notre connaissance, construit d'autre exemplaire et nous n'avons pas de renseignement précis sur les résultats de son fonctionnement.

Le chauffage au pétrole répond surtout à la deuxième des préoccupations signalées plus haut : il supprime, en effet, l'obligation, onéreuse pour les voitures de gros transport et à peu près inadmissible en raison de sa nature sur les voitures de luxe, de recharger le feu en manipulant du combustible solide. A côté de cet avantage, il faut placer la facilité du logement de la provision de combustible et celle du réglage de la combustion, la manœuvre du robinet d'arrivée du liquide étant à ce point de vue bien plus et surtout bien plus rapidement efficace que celle du registre de tirage ; ce réglage peut être très simplement commandé par un régulateur actionné par la pression de la vapeur dans la chaudière de manière à assurer automatiquement la constance ou la limitation de cette dernière. Ces avantages ont d'ailleurs pour contrepartie une dépense plus élevée : les chiffres du tableau ci-annexé montrent en effet que le kilogramme d'eau vaporisée exige au moins 80 grammes de combustible liquide, d'où, même en employant des pétroles bruts à 0 fr. 10 le litre, une dépense d'environ 0 fr. 10 ; tandis que la consommation de charbon descend facilement au-dessous de 200 grammes, soit à 26 francs la tonne, de 0 fr. 005.

Deux chaudières chauffées au pétrole ont pris part au concours des Poids lourds de Liverpool, en 1898 : une aquatubulaire (Lifu) et une ignitubulaire (Leyland), cette dernière formée d'un corps cylindrique vertical, traversé de tubes verticaux. Dans ces deux chaudières la combustion se faisait dans un brûleur à jet unique, comportant un

vaporisateur de pétrole formé d'un canal en serpentin; la disposition de ce serpentin était différente dans l'une et dans l'autre, étant soit formé d'un tube contourné, soit ménagé en creux de fonderie dans un disque de fonte. Un nouveau type (Clarkson et Capel) avec chaudière du genre de celle citée plus haut comme employée par M. Wiedknecht, a pris part au concours de Liverpool en 1899.

La chaudière Stanley, récemment mise en exploitation en Amérique est analogue à la Leyland, mais avec tubes plus nombreux et de plus faible diamètre; le brûleur est à nombreux petits jets, et le combustible employé étant l'essence de pétrole (ce qui limite son emploi aux voitures de luxe, en raison du prix de ce combustible), le vaporisateur est réduit à un tube en U traversant la chaudière elle-même.

Enfin, l'application du chauffage au pétrole aux chaudières à vaporisation instantanée a été réalisée récemment par M. Serpollet, qui y a ajouté le très intéressant dispositif de proportionnalisation des débits de combustible et d'eau, l'un étant envoyé au brûleur et l'autre à la chaudière au moyen de deux pompes conjuguées entre elles de manière à donner toujours le même nombre de coups, avec des courses de pistons toujours proportionnelles l'une à l'autre: la valeur absolue de ces courses est d'ailleurs réglable à volonté de manière à obtenir toutes variations d'allure depuis 0 jusqu'au maximum déterminé par la surface de chauffe et le débit du brûleur.

L'incompatibilité signalée plus haut entre la rapidité de mise en pression et la faculté de donner des coups de collier est ainsi sensiblement supprimée.

Le brûleur est à jets multiples, avec vaporisateur tubulaire. Le générateur se compose d'un long tube contourné en serpentin à éléments rectilignes disposés dans des directions rectangulaires d'un étage en suivant: l'eau est injectée à la partie supérieure et parcourt, de haut en bas les éléments du haut formant réchauffeur, puis de bas en haut ceux du bas composés de tubes de diamètre un peu plus fort et formant vaporisateur, enfin, de haut en bas, les éléments du milieu formant surchauffeur et permettant de porter à 350 ou 400 degrés la température de la vapeur.

Les résultats obtenus sont donnés dans la seconde partie du tableau ci-après.

Machine. — Pour l'économie, on la fait généralement compound au-dessus de 15 chevaux. Le moteur compound a d'ailleurs l'avantage de permettre de vigoureux coups de collier en pratiquant l'admission directe dans le grand cylindre. Au-dessous de 15 chevaux, on recule généralement devant la complication du moteur compound.

On a cherché souvent à utiliser indéfiniment la même quantité d'eau pour la marche de la machine. Cela exige l'emploi de condenseurs à surface pour refroidir la vapeur, le graissage des cylindres à l'huile minérale (les huiles végétales donneraient sous l'influence de la chaleur de la vapeur à haute pression des acides qui attaqueraient la chaudière); enfin, il faut décanter et filtrer l'eau pour empêcher le passage des huiles à la chaudière, où elles pourraient occasionner des coups de feu.

Jusqu'à présent, le moteur à cylindre a seul donné des résultats pratiques. Les moteurs rotatifs ont donné de bons rendements à l'état neuf, mais ce rendement s'est rapidement abaissé par suite des fuites dues à l'usure. Les turbines à vapeur n'ont pu non plus prendre sa place, la vitesse considérable qu'elles exigent pour donner un bon rendement (24 000 tours) entraîne l'emploi d'une démultiplication qui absorbe beaucoup de travail.

Avantages et inconvénients de la vapeur. — La principale qualité qui distingue le moteur à vapeur est sa souplesse. La puissance nominale correspond généralement à une admission assez réduite (celle-ci peut varier de 0,25 à 0,80). Si l'effort résistant

vient à augmenter, on peut compenser cette augmentation par une admission plus forte. On peut également demander au générateur de produire davantage au moment d'un coup de collier. La plupart des générateurs actuels peuvent sans inconvénients, pendant quelques moments, donner le double de leur puissance normale.

Enfin, on peut utiliser la contre-vapeur pour venir au secours des freins lorsqu'un arrêt rapide est nécessaire.

Généralement, on interpose entre le moteur et les essieux un train d'engrenage permettant un changement de vitesse, afin d'accroître encore les limites dans lesquelles peut varier le travail produit par la machine pour une même distance parcourue sur la route. On a ainsi le moyen d'aborder des côtes qui seraient infranchissables si la démultiplication était fixe.

Les quelques chiffres suivants nous paraissent utiles pour se faire une idée précise de ces moteurs.

Le travail sur l'arbre n'atteint guère plus de 4 à 6 p. 100 du travail équivalent à la chaleur disponible dans la combustion du charbon (1). Ce chiffre assez bas permet aux moteurs à pétrole, malgré leurs inconvénients, de lutter avec avantage contre les moteurs à vapeur.

La pression est généralement élevée, on améliore ainsi le rendement; elle atteint 10, 15 et même 18 kilogrammes par centimètre carré. La vitesse du moteur varie généralement de 300 à 800 tours par minute.

En admettant 0,6 comme rendement des transmissions, on a :

		PAR CHEVAL	
		SUR L'ARBRE du moteur.	A LA JANTE des roues.
Poids du moteur.	{ Avec vapeur saturée ou peu surchauffée.	30 à 50 kg.	50 à 85 kg.
	{ Avec vapeur très surchauffée.	50 à 60 kg.	85 à 100 kg.
Consommation eau et coke. (5 ou 6 kg. d'eau pour 1 kg. de coke)	{ Moteur genre Field.	20 kg.	32 kg.
	{ Aquatubulaire.	15	25
(4 kg. d'eau pour 1 kg. de coke)	{ Moteur genre Serpollet.	8 kg.	13 kg.
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour une marche de 11. heures	{ Moteur genre Field.	50 + H. 20	85 + H. 33
	{ Aquatubulaire.	40 + H. 15	67 + H. 25
	{ Serpollet. { Coke	60 + H. 8	100 + H. 13
	{ Pétrole	55 + H. 6,5	93 + H. 11

(1) Ce rendement se décompose à peu près comme il suit :

Rendement de la combustion.	0,8 (*)
Partie de la chaleur passée dans la vapeur.	0,8 (**)
Rendement du cycle de Carnot (pour 14 kilogrammes de pression).	0,2
Rendement du cycle de la machine par rapport à celui de Carnot.	0,5
Rendement organique de la machine.	0,8
PRODUIT.	0,051

Par rapport au rendement du cycle de Carnot, le rendement est donc de 0,25.

* La perte provient de parties non brûlées, escarbilles, etc., oxydation incomplète.

** Le reste est perdu par la cheminée.

§ 2. — Moteurs à essence.

Au lieu d'utiliser la chaleur de combustion à transformer un corps en vapeur pour se servir ensuite de cette vapeur à produire un travail, on peut utiliser directement dans le cylindre, et par suite avec moins de perte, cette chaleur (moteur à air chaud et moteur à essence). La locomotion automobile n'a jusqu'à présent utilisé que ce second type de moteurs.

Ils comprennent comme partie essentielle :

Un carburateur, un cylindre où se produit l'explosion, un système d'allumage, une distribution, un système de refroidissement, un appareil de mise en marche et un volant.

Les carburateurs sont de divers systèmes soit par barbotage, soit par léchage, soit par pulvérisation. L'essence de pétrole, d'une densité variant entre 0,69 et 0,74 à 15° (bouillant entre 70° et 120°), est mélangée à l'air chauffé, qu'elle sature dans la proportion de 1 partie d'essence pour 8 à 10 d'air. On a aussi utilisé le pétrole lampant; mais cette utilisation nécessite l'échauffement du pétrole au moyen de brûleurs spéciaux.

L'air saturé, mélangé de 8 ou 10 fois son volume d'air froid, est aspiré dans le cylindre, où, après compression, il doit produire l'explosion.

Celle-ci est provoquée soit par des tubes incandescents, soit par l'étincelle électrique. On reproche aux tubes de ne pas toujours produire l'explosion au moment voulu : ils contiennent, en effet, des gaz inertes provenant des explosions précédentes qui retardent l'inflammation. Aussi, l'étincelle électrique a-t-elle aujourd'hui la préférence. Elle peut provoquer l'inflammation même avant compression totale, donnant ainsi une avance à l'explosion.

L'étincelle est produite soit par courant d'induction entre deux points fixes, soit mieux par extra-courant de rupture. Ce dernier système a l'avantage de donner moins de ratés.

La source électrique est soit une pile, soit un accumulateur, soit une dynamo. Cette dernière source ne peut être utilisée, bien entendu, que pendant la marche : il en faut une autre pour le départ.

La distribution est faite au moyen de deux soupapes : l'une dite d'admission, généralement automatique, l'autre dite d'échappement, mue par des cannes de manière à s'ouvrir pendant la durée du quatrième temps.

Un semblable dispositif détermine l'allumage.

Pour empêcher le moteur de dépasser la vitesse pour laquelle il a été construit, un régulateur à force centrifuge empêche l'évacuation des gaz brûlés et fait manquer par suite une ou plusieurs explosions ou bien étrangle l'admission des gaz carburés et diminue par suite l'effet utile de l'explosion. Outre le régulateur automatique, le conducteur doit avoir un moyen de réglage à la main qui lui permette de modérer momentanément l'allure du moteur. Il agit sur le régulateur automatique ou bien, dans le cas où celui-ci n'existe pas, il provoque directement les effets ci-dessus indiqués du régulateur, notamment en provoquant l'étranglement de l'admission.

Le refroidissement est obtenu, dans les petits moteurs, uniquement par des ailettes (1 à 2 chevaux), pour les moteurs plus puissants par une circulation d'eau augmentant beaucoup la surface radiante ou par la vaporisation de l'eau autour du cylindre. Ce dernier mode paraît abandonné.

Le moteur à pétrole étant généralement à quatre temps, parmi lesquels le temps

utile n'occupe que le troisième rang, il est indispensable de pouvoir le débrayer et que le conducteur le lance au moyen d'une manivelle ou de pédales.

Le volant est un organe indispensable du moteur à essence. Il faut, en effet, que le moteur puisse produire le travail de compression de l'air dans les cylindres sans être lié à la voiture soit au départ, soit pendant les débrayages momentanés. En outre, le volant est utile pour atténuer l'effet des explosions.

Avantages et inconvénients. — On a reproché souvent à ce moteur les trépidations désagréables qu'il donne pendant les arrêts. On a diminué cet inconvénient au moyen de masses additionnelles placées sur les volants; mais cette solution ne peut être absolument complète, on a obtenu un résultat complet, mais au prix d'une certaine complication, au moyen de pistons égaux conjugués de manière à se déplacer toujours en sens contraire et à vitesses égales.

On a également essayé de produire les explosions au milieu du cylindre, entre deux pistons verticaux prenant alors des mouvements inverses, de manière que le centre de gravité du système reste sensiblement immobile.

Un inconvénient beaucoup plus grave est que le moteur à essence est essentiellement un moteur à puissance et à vitesse constante. Il fonctionne, en effet, habituellement à admission fixe, avec un mélange de composition fixe. Le travail produit par coup de piston est donc fixe. Pour augmenter la puissance, il faudrait le faire tourner plus vite; mais cette vitesse ne peut pas dépasser un certain maximum sans danger pour le moteur, aussi sont-ils tous munis d'un régulateur à force centrifuge. La puissance maxima est ainsi déterminée. On ne peut agir en général sur la puissance que par suppression d'explosions et, par suite, par diminution.

Quand une voiture est en marche, il faut, sous peine de risquer de la voir s'arrêter, que la liaison du moteur avec les roues motrices soit telle que le moteur marchant à pleine vitesse produise une puissance au moins égale au travail consommé par la marche correspondante de la voiture. On utilise à cet effet, parmi les jeux d'engrenages appelés *changements de vitesse*, qui peuvent être interposés entre le moteur et les roues, celui qui donne une puissance résistante immédiatement inférieure à la puissance motrice.

Mais comme ces jeux d'engrenages sont généralement en nombre très limité, trois ou quatre, on n'arrive en général qu'à une puissance résistante notablement inférieure à la puissance motrice; en moyenne, l'écart est la moitié de la différence de puissance correspondant à l'emploi de deux trains successifs. Le moteur s'emballerait si le régulateur ne supprimait de temps en temps une explosion. Normalement, on n'utilise donc qu'une partie de la puissance motrice disponible.

Jusqu'à présent, le seul moyen pour augmenter la puissance a consisté à avoir des cylindres supplémentaires, qu'on n'utilise pas en permanence. Cela revient toujours à n'utiliser qu'une partie de la puissance totale de la machine; mais le rendement est meilleur qu'avec un seul cylindre, dans lequel les explosions seraient trop espacées.

Cette dernière solution donnerait, en effet, beaucoup d'importance à l'effet des parois.

Dans le même ordre d'idées, on a cherché à utiliser la variabilité possible de la chambre d'explosion pour obtenir des explosions de volumes différents d'air carburé et portant des coups de piston de puissance variable. Les uns maintiennent constante la compression préalable du mélange tonnant : les autres acceptent des compressions variables.

Il reste donc encore beaucoup à faire pour amener le moteur à essence à la sou-

plesse désirable. Peut-être y aurait-il quelque chose à tenter avec les moteurs à combustion. Dans ceux-ci, la pression est créée non plus par une explosion mais par la combustion du pétrole, soit continue dans un volume d'air dont elle élève la pression, et qu'on utilise ensuite comme un gaz comprimé (Moteur Duryea) : soit intermittente en l'introduisant à dose convenable dans le cylindre au sein d'une masse d'air suffisamment comprimée pour que l'inflammation s'y produise spontanément (Moteur Diesel). Ce dernier moteur ayant donné des rendements exceptionnels tant à pleine charge qu'à charge réduite, dans les installations fixes (1), grâce à la compression élevée et à la suppression des chocs violents de l'explosion, on peut espérer le voir donner de bons résultats en automobilisme. Toutefois, l'obligation d'avoir un réservoir d'air comprimé, pour la mise en train, entraîne une augmentation de poids et une complication.

Données numériques relatives aux moteurs à pétrole. — La vitesse est très variable suivant les types. On en a fait, pour motocycles, atteignant 1 500 et jusqu'à 2 000 tours. Ceux des voitures font en général de 400 à 800 tours.

Nous donnons ci-après les chiffres relatifs aux poids et consommations courantes par cheval sur l'arbre moteur et par cheval aux jantes des roues motrices, en admettant un rendement de 0,06 dans la transmission.

	PAR CHEVAL	
	SUR L'ARBRE moteur.	AUX JANTES des roues motrices.
Poids (non compris l'eau de refroidissement).	20 à 30 kg.	33 à 50 kg.
Poids (eau de refroidissement comprise).	40 kg. en moyenne	67 kg.
Consommation en poids.	0 ^{kg} ,45 à 0 ^{kg} ,50	0 ^{kg} à 0 ^{kg} ,83
— en volume.	0 ^{lit} ,64 à 0 ^{lit} ,70	1 ^{lit} ,1 à 1 ^{lit} ,2
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour marche de H heures.	40 kg. + H × 0 ^{kg} ,5	67 kg. + H × 0 ^{kg} ,83

§ 3. — Voitures électriques.

Jusqu'ici, l'électricité qui leur est nécessaire est fournie par des accumulateurs.

Le trolley ne se prête, en effet, qu'à un service suivant un itinéraire déterminé. Il peut avoir son emploi pour des transports réguliers, suivant un itinéraire constant, mais il nécessite des frais d'installation élevés et par suite suppose un trafic assez intense. Dans ce cas, le rail s'impose la plupart du temps. La pile électrique, jusqu'à présent, ne donne l'énergie électrique qu'à un prix environ vingt fois supérieur à ce qu'elle coûte par accumulateurs. Ce prix élevé est en général prohibitif.

L'emploi de l'accumulateur n'est pas sans inconvénient.

1° Il faut des usines de charge assez rapprochées. Les fiacres des concours de 1898 et 1899 ne pouvaient guère parcourir plus de 100 kilomètres sans être rechargés; et

(1) D'après des expériences faites en Allemagne par une commission d'Ingénieurs français, il aurait donné (avec le pétrole lampant ordinaire de densité 0,791 à 25°) un travail effectif variant de 0,21 à 0,25 du travail équivalent aux calories dépensées. Celles-ci étaient évaluées d'après la puissance calorifique du pétrole dépensé, qui avait été trouvée de 10 200 calories par kilogramme.

même il semble que, pour avoir un bon service, il ne faille pas compter sur plus de 60 kilomètres;

2° Pour ne pas détériorer les accumulateurs, il faut que le chargement soit fait avec précaution. On ne doit pas employer une différence de potentiel trop élevée si l'on veut que les accumulateurs aient quelque durée (2,5 volts par élément, ce qui correspond à un débit initial de 1,3 ampères par décimètre carré). Le temps nécessaire pour la charge des batteries est supérieur au temps de leur fonctionnement (sept heures environ pour des voitures organisées pour marcher cinq heures);

3° Le poids des accumulateurs est considérable. Au concours de 1898, il atteignait environ 30 p. 100 du poids des véhicules;

4° La surveillance et l'entretien des accumulateurs sont onéreux;

5° Les batteries se détériorent assez rapidement par suite de l'intensité du courant dans les coups de collier.

Nous allons examiner successivement les différentes parties de ces voitures.

1° Les accumulateurs;

2° Les moteurs;

3° La régulation de vitesse;

4° Enfin, donner quelques indications sur le prix de revient de la traction des automobiles électriques.

I. — ACCUMULATEURS. — Les accumulateurs pour voitures augmentent jusqu'ici considérablement le poids du véhicule, les progrès doivent tendre à accroître :

la puissance spécifique (watts par kilogramme de poids total);

l'énergie spécifique (watt-heure par kilogramme de poids total).

On peut considérer les accumulateurs Fulmen, les seuls qui aient été employés par les concurrents du concours des fiacres automobiles, comme donnant la limite du progrès obtenu à ce point de vue. Pour avoir des accumulateurs de grande puissance spécifique, il fallait des accumulateurs à oxyde rapporté. Dans ce type, l'action pénètre plus profondément que dans le type Planté, et, par suite, la proportion de la matière active par rapport au poids total peut être plus grande.

Pour avoir une énergie spécifique grande, il fallait augmenter la surface la plus possible, c'est ce qui a été fait en réduisant à 4 millimètres l'épaisseur des plaques.

Ces accumulateurs ont les inconvénients des accumulateurs à oxyde rapporté : une décharge trop rapide non seulement, comme des accumulateurs du type Planté, donne un mauvais rendement, mais, de plus, détériore les pastilles d'oxyde de la plaque positive. Il faut donc une densité de courant assez faible, un ampère environ par décimètre carré de plaque positive; la décharge peut ainsi se faire en cinq heures.

Les rendements de ces accumulateurs sont les suivants, d'après M. Hospitalier (*L'Industrie électrique*, 10 juillet 1898), en chiffres ronds :

AU RÉGIME DE DÉCHARGE PAR DÉCIMÈTRE CARRÉ DE :	0,5	1	2
	AMPÈRE.	AMPÈRE.	AMPÈRE.
Puissance utile spécifique (en watts par kilogramme du poids total).	2,5	5	10
Énergie utile spécifique correspondant à cette puissance (en watts-heure par kilogramme du poids total), ou inversement. . . .	30	25	20
Poids spécifique total en kilogramme par kilowatt utile. . . .	400	200	100
Poids spécifique total en kilogramme par kilowatt-heure. . . .	33	40	50

Il semble qu'on puisse admettre les chiffres suivants pour les automobiles, bien que la décharge n'y soit pas continue, mais variable. L'agitation de la marche semble, en effet, favoriser la diffusion du liquide et améliorer ainsi le rendement.

Puissance spécifique.	{ Par kilogramme d'éléments . . .	5 watts, 1
	{ Par tonne d'éléments.	6 chev., 93

On peut dépasser quatre fois ces chiffres dans les démarrages et fortes rampes.

Poids total d'accumulateur.	{ Par kilowatt aux bornes.	196 kg.
	{ Par cheval aux bornes.	144 kg.
Énergie spécifique.	{ Par kilogramme d'éléments (1). . .	25 watts-heure
	{ Par tonne d'éléments.	34 chev.-heure

ou

Poids total d'accumulateur.	{ Par kilowatt-heure aux bornes. . .	40 kg.
	{ Par cheval-vapeur aux bornes. . .	29 kg, 4

L'accumulateur correspondant à ce poids est renfermé dans une caisse en celluloïd, qui présente l'inconvénient d'être facilement inflammable. La substitution de l'ébonite qui a été faite par le constructeur augmente le poids.

Il y aura lieu de rechercher une substance légère et résistante à substituer de manière à ne pas augmenter le poids et éviter les combustions qui se sont produites lors de courts circuits.

Le concours des Accumulateurs que l'Automobile Club a entrepris du 3 juin au 3 décembre 1899 a démontré que certaines batteries pouvaient fournir 60 décharges complètes au moins avant d'être éliminées dans les conditions fixées par le concours.

Les accumulateurs pour automobiles doivent être amovibles pour permettre :

1° leur visite et leur entretien;

2° leur remplacement, afin de ne pas immobiliser la voiture pendant la durée de la charge.

II. — MOTEURS. — Les moteurs employés pour les automobiles doivent être aussi légers que possible sans être trop rapides, afin de ne pas nécessiter des engrenages trop compliqués.

Ces conditions conduisent à l'emploi des types multipolaires (les machines de voiture sont le plus souvent à quatre pôles).

L'inducteur est excité soit en dérivation ou shunt, soit en série : le plus souvent on a recours à une combinaison de ces deux modes, l'excitation est dite compound.

La chaîne n'est pas toujours employée comme intermédiaire (voitures Krieger, Jeanteaud, etc.).

On peut, avec le moteur électrique, grâce à sa très grande souplesse, supprimer les changements de vitesse.

On peut admettre les chiffres suivants pour les moteurs :

Rendement des moteurs en service courant.	0,8
Rendement des transmissions.	0,75
Rendement de la décharge des accumulateurs par rapport à la charge ¹	0,75

(1) Au concours d'accumulateurs organisé par l'Automobile Club de France, l'énergie spécifique restituée par kilogrammes de plaque n'a été en moyenne que de 15 watts-heure.

(2) Au concours d'accumulateurs de l'Automobile Club de France, le rendement moyen n'a pas dépassé 0,70 (Pope). Il a été de 0,68 pour le type Blot-Fulmen; 0,66 pour le type Fulmen.

On ne dispose donc à la jante que des 0,45 de l'énergie produite sur l'arbre des moteurs à l'usine.

	Par cheval	
	sur l'arbre du moteur.	à la jante des roues.
Poids des moteurs.	50 kg.	66 kg.
Poids d'accumulateurs pour une marche de une heure.	$\frac{29,4}{0,8} = 37$ kg.	49 kg.
Poids total du moteur et de son approvisionnement pour une marche	50 + H. 37	66 + H. 49

III. — RÉGULARISATION DE LA VITESSE. — La différence de potentiel aux balais d'une machine est égale, en négligeant le courant intérieur toujours faible, quand le régime permanent est établi, à la force électro-motrice induite.

On a donc :

$$n N \varphi = U$$

ou

$$n = \frac{N \varphi}{U},$$

U, étant la différence de potentiel aux balais ;

n, le nombre de tours de fil de l'induit ;

φ , le flux admis dans l'armature.

La vitesse est donc proportionnelle à la différence de potentiel et inversement proportionnelle au nombre des tours de fil et au flux.

On peut la régler en agissant sur l'une de ces trois quantités.

Le potentiel aux pôles de la batterie étant sensiblement constant, on le fait varier généralement en divisant cette batterie en deux groupes, qu'on peut disposer soit en quantité soit en tension. Ce procédé était employé par tous les lauréats du concours des fiacres en 1898. Le couplage en quantité n'est pas sans inconvénients, on lui reproche de permettre une décharge inégale des deux groupes d'accumulateurs, d'où mauvais rendement et détérioration.

Aussi, certains constructeurs couplent-ils invariablement les accumulateurs en tension, recourant à d'autres procédés pour faire varier la vitesse.

On peut encore modifier le potentiel aux bornes en intercalant un rhéostat dans le circuit ; mais ce procédé a l'inconvénient de consommer de l'énergie en pure perte. Aussi n'est-il employé le plus souvent que pour réduire le courant au moment du démarrage.

Quand on dispose de deux moteurs, un excellent moyen de régularisation est le montage de ces moteurs tantôt en série, tantôt en parallèle. Il est facile de voir que si la vitesse de régime est n lorsqu'ils sont montés en parallèle, elle sera sensiblement $\frac{n}{2}$ lorsqu'ils sont montés en série, si la résistance au mouvement est la même par tour de roue. En effet, les résistances étant sensiblement les mêmes et la différence totale de potentiel dans le circuit restant la même, si la vitesse est moitié, le courant sera le même. Le travail moteur par tour de roue est le même.

On peut encore agir sur le nombre des tours de l'induit, N, en formant celui-ci de deux parties, par exemple, qu'on met en circuit pour les petites vitesses. On n'en maintient qu'une en circuit pour les grandes. On a même été plus loin dans la voiture Bouquet, Garcin et Schivre. Elle comporte deux bobines induits inégaux. La force

électro-motrice induite développée par l'un d'eux est représentée par 5 et celle développée par l'autre est représentée par 3. Au moment du démarrage ils sont couplés en tension, on place ensuite l'enroulement 5 seul en circuit, puis l'enroulement 3. Enfin, pour les très grandes vitesses, on les oppose l'un à l'autre de manière à n'avoir que la différence.

On peut agir sur l'excitation φ . Beaucoup de moteurs portent deux enroulements inducteurs, l'un en série, l'autre en shunt. On peut les mettre successivement hors circuit. Quelques-uns ont deux pôles montés en gros fil et deux autres en fil fin.

En général, on se contente de réunir l'emploi de deux des moyens de régulation ci-dessus de manière à avoir quatre vitesses.

Le combinateur permet donc quatre combinaisons plus l'arrêt et souvent la marche en arrière, soit, en tout, six positions.

Spécialisation des moteurs. — Actuellement, les voitures électriques ne peuvent faire plus d'une soixantaine de kilomètres sans être rechargées. D'autre part, avec les accumulateurs actuels, la charge demande un temps supérieur à la décharge si l'on ne veut pas détériorer les accumulateurs en un temps très court. Il faut donc, si les accumulateurs ne sont pas amovibles et interchangeables, une longue immobilisation de l'automobile après chaque parcours.

On trouve encore difficilement des usines électriques assez rapprochées pour faire du tourisme hors villes; surtout l'on ne trouve pas à échanger les accumulateurs. La voiture électrique est donc actuellement condamnée à ne pas circuler dans un rayon de plus de trente kilomètres autour de son usine d'attache. Elle est réduite au service des fiacres, dans lesquels le poids transporté est fort peu de chose par rapport à celui des accumulateurs et des livraisons pour magasins (service qui, ne s'étendant pas à une grande distance, peut être fait avec un poids relativement faible d'accumulateurs). Sans cette difficulté d'une part, l'énergie électrique pouvant être aujourd'hui produite en grand dans les usines à un prix sensiblement égal à la dépense de charbon nécessaire pour produire la même énergie dans le cylindre des machines à vapeur d'automobiles (machines à rendement médiocre); d'autre part, le rendement du transport de l'énergie de l'une ou de l'autre source à la jante des roues étant peu différent, les automobiles électriques pourraient avantageusement lutter contre tous les autres.

Le tourisme et les services de transport, dans un rayon de quelque étendue, relèvent donc du pétrole ou de la vapeur.

Le pétrole a pour lui la propreté, la plus grande puissance spécifique (il permet donc d'aller plus loin avec un même poids d'approvisionnements et par suite rend les ravitaillements bien moins fréquents), mais il est cher (1). Il paraît donc plutôt le moteur du tourisme que celui d'une exploitation où l'économie joue un rôle prépondérant.

(1) Le moteur à vapeur consomme environ 2 kilogrammes de coke par cheval et par heure, soit $2 \times 0 \text{ fr. } 04 = 0 \text{ fr. } 08$; le moteur à essence dépense 0 l. 54 à 0 fr. 19, soit plus du double.

CHAPITRE III

PARTIES MÉCANIQUES DES VOITURES AUTOMOBILES

§ 1. — Liaison entre les moteurs et les roues motrices.

Changements de vitesse. — Nous avons vu que, pour diminuer le poids et l'encombrement, on devait recourir à des moteurs à grande vitesse et que, pour arriver à des vitesses acceptables, il était nécessaire de recourir à une démultiplication. Avec la vapeur, il est utile de disposer d'un changement de vitesse de façon à pouvoir franchir les côtes longues. En conservant au moteur une puissance et une vitesse constantes, on peut produire, par mètre de chemin parcouru par la voiture, plus de travail si la vitesse de celle-ci est moindre. Ces changements de vitesse sont encore plus indispensables avec le pétrole; ils peuvent se classer en deux groupes, suivant qu'ils sont continus, c'est-à-dire permettant de donner au rapport de réduction toutes les valeurs intermédiaires, ou discontinus, c'est-à-dire ne permettant de lui donner qu'un certain nombre : généralement deux, trois ou quatre, valeur déterminée.

Les premiers, rares jusqu'à présent, ne comprennent guère que les plateaux de friction et les poulies extensibles.

Le second groupe d'appareils de changement de vitesse se subdivise en deux groupes, suivant que les appareils sont basés sur l'emploi de courroies ou d'engrenages.

Dans la plupart des appareils, il y a autant de courroies que de changements de vitesse, c'est-à-dire de groupes de poulies folle et fixe; et ces courroies sont commandées par des fourchettes dans un déplacement latéral. Dans quelques-uns, une seule courroie commandée par fourchette passe sur l'un et l'autre des groupes interposés de poulies de diamètres différents formant gradins successifs, sans poulies folles.

Le réglage de la tension des courroies résulte, la plupart du temps, du déplacement de l'arbre commandé, qu'on éloigne plus ou moins de l'arbre moteur; quelquefois il est réalisé par des rouleaux tendeurs manœuvrés à l'aide d'un jeu de leviers.

Les appareils qui comprennent un dispositif à engrenages, sont soit à mise en prise latérale (les engrenages entrant en prise entre eux, grâce au coulissage de l'un des groupes le long de l'axe sur lequel il est monté), soit à mise en prise tangentielle (les roues à mettre en relation s'attaquant par les pointes de leurs dents par suite d'un rapprochement de leurs axes).

On a également employé des systèmes à engrenage constamment en prise; parmi ceux-ci on peut citer ceux qui comportent l'application du principe des engrenages épicycloïdaux.

Marche arrière. — La marche en arrière est un cas particulier du changement de vitesse; elle est obtenue par des appareils analogues, notamment :

- par le déplacement du galet de friction au delà du centre du plateau de commande;
- par un groupe spécial de poulies avec courroie droite quand les courroies de marche avant sont croisées et inversement;

- par un train de trois engrenages montés sur deux axes auxiliaires au lieu de deux engrenages montés sur un seul axe; par un train spécial avec pignon intermédiaire dans les dispositifs d'engrenages constamment en prise, avec embrayages individuels, etc.

Dans la plupart des autres systèmes de renversement de la marche, on intercale des organes ordinairement inactifs. Ainsi :

1° Dans un train multiple d'engrenages avec mise en prise latérale, on intercale un pignon de largeur suffisante pour engrener simultanément avec deux roues non situées dans le même plan par mise en prise tangentielle ;

2° Dans un système semblable, deux roues restent constamment en regard l'une de l'autre sans engrener parce que leurs diamètres sont trop petits, un pignon auxiliaire est amené entre elles par mise en prise latérale ;

3° Dans un appareil à courroies embrayées par glissement latéral, un groupe de deux poulies accessoires égales tournant en sens inverse l'une de l'autre est approché des poulies principales, de telle sorte que l'une touche la poulie folle, le mouvement se transmet à la poulie folle par l'intermédiaire des poulies accessoires et se trouve ainsi inversé.

Embrayage. — Les appareils de changements de vitesse comportent tous la possibilité de l'embrayage et du débrayage.

Le galet de friction peut être amené au centre du plateau et ne plus recevoir de lui aucun mouvement ; l'appareil de connexion des déformations de deux poulies extensibles peut, à l'une des extrémités de sa course, déterminer une déformation telle que la tension de la courroie soit supprimée, etc., etc.

Pour les voitures comportant ces derniers appareils, et presque toujours pour celles à changement de vitesse par courroies, il n'y a pas d'appareil d'embrayage spécial. Au contraire, lorsque le changement de vitesse se fait par engrenages, un organe spécial d'embrayage est nécessaire.

Parmi ces organes spéciaux, on peut citer les manchons à griffes et autres appareils analogues très simples, mais peu usités en raison de la brutalité de leur mise en action.

On préfère les appareils à friction ; le plus répandu consiste en un groupe de deux axes de frictions, l'un femelle taillé dans le volant même du moteur, l'autre mâle, s'appliquant sur le cône femelle coulissant sur le prolongement de l'arbre de manière à produire l'entraînement sous l'action d'un ressort.

On emploie aussi un collier extensible formé d'un anneau métallique fendu suivant une génératrice et placé à l'intérieur d'une courroie cylindrique creuse d'un diamètre un peu supérieur ; les deux extrémités de l'anneau s'écartent de manière à produire le contact et l'adhérence nécessaires.

La courroie à déplacement latéral avec poulie fixe et folle est quelquefois employée comme organe spécial d'embrayage.

Différentiel. — L'appareil différentiel qui permet d'obtenir la marche inégale des deux roues motrices dans les courbes est généralement le différentiel à satellites coniques.

On a remplacé quelquefois les satellites coniques par des engrenages cylindriques.

Transmission flexible. — La transmission entre le dernier arbre fixé au châssis suspendu et les roues motrices se fait généralement au moyen de chaînes de Galle, passant d'une part sur des pignons solidaires de l'arbre, et d'autre part sur des couronnes dentées solidaires des roues.

Si le différentiel est placé sur l'axe des roues, il y a une seule chaîne ; sinon la commande a lieu par deux chaînes.

Pour éviter les inconvénients dus à l'emploi des chaînes, difficultés de réglage,

risque de rupture ou de chute, etc., on a adopté différentes autres dispositions :

1° axes rigides auxiliaires terminés par deux pignons d'angle qui engrènent l'un avec l'arbre transmetteur, l'autre avec des couronnes solidaires des roues ; ce système est analogue à celui qui est réalisé dans les bicyclettes dites acatènes ;

2° transmission par engrenages cylindriques droits entre un axe fixé au châssis et l'axe des roues ;

3° système dit de l'essieu brisé, dans lequel deux demi-axes transversaux et à peu près horizontaux mettent en relation les plateaux du différentiel avec les roues, etc.

Quoi qu'il en soit du mode de transmission de l'effet moteur aux roues, celui-ci ne doit pas être reporté pour les voitures lourdes au moyen de la roue motrice, afin de ne pas la désorganiser. Le plus souvent le dernier pignon est rattaché aux rayons de cette roue ; parfois des bras métalliques vont attaquer directement la jante.

L'essieu moteur doit-il être à l'avant ou à l'arrière ?

Il est le plus souvent à l'arrière ; on reproche à cette disposition de favoriser les tête à queue dans les véhicules rapides, lorsque que la chaussée est grasse ; toutefois un accident de ce genre est arrivé à une automobile à avant-train moteur au cours du concours de 1898.

§ 2. — Direction des voitures.

Elle comprend deux parties :

1° La liaison des roues directrices, telle que la marche se fasse sans patinage ;

2° La commande d'une de ces roues lui transmettant la direction donnée par le conducteur.

Dans les voitures remorquées par les chevaux, l'essieu d'avant peut tourner autour d'un axe vertical passant par son milieu et, par suite, faire des angles variables avec l'essieu d'arrière. Quand les deux essieux sont parallèles, la voiture décrit une ligne droite ; dans tous les autres cas, elle décrit une courbe dont le rayon dépend de la distance à laquelle les projections horizontales des essieux se rencontrent.

Cette disposition est utilisée pour la direction des fiacres automobiles de Paris.

Ce système a l'avantage de permettre de tourner avec des rayons très courts, si les roues d'avant sont assez petites pour passer sous la caisse de la voiture ; mais, en revanche, le polygone de sustentation se rétrécit quand la voiture décrit une courbe, et cela précisément au moment où les forces d'inertie horizontales, qui viennent s'ajouter à la pesanteur, donnent une résultante plus oblique. La voiture est donc plus exposée à verser que si le polygone de sustentation conservait une forme fixe.

Aussi a-t-on cherché à conserver une forme invariable à ce polygone au moyen de la direction par essieu brisé. Dans ce système, la partie médiane de l'essieu directeur est fixe ; les roues sont portées par de courtes portions d'essieu pouvant tourner autour d'un axe vertical, ou, pour exiger moins d'effort, d'un axe passant par le point de contact de la roue avec le sol (cabs de New-York). L'articulation était toujours réalisée autrefois par une fourche maintenant les deux extrémités de l'axe vertical ; aujourd'hui, dans les voitures légères, l'une des parties de l'essieu porte un cylindre creux dans lequel se loge, à frottement doux, un cylindre plein porté par l'autre partie.

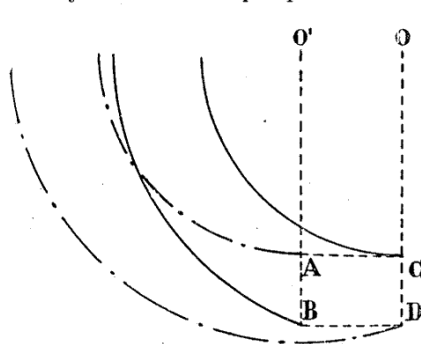
Pour que le mouvement en courbe puisse s'opérer sans patinage, il faut que les projections horizontales de rotation des roues convergent en un même point, projec-

tion de l'axe instantané de rotation du mouvement de la voiture. Si le problème est théoriquement toujours soluble avec un système de bielles articulées, il ne l'est guère pratiquement, puisque le nombre minimum de ces pièces est tel : 18, que le jeu à prévoir avec tant d'articulations rend inutile la solution exacte. Il faut donc se contenter d'une solution approchée en limitant l'angle de braquage à certaines valeurs suffisantes pour la pratique. On a reconnu qu'un angle de 35 degrés était suffisant; au delà, on aurait à craindre que les roues directrices n'avancassent en glissant sous la poussée des roues motrices.

On a donc eu recours à des liaisons à simple ou à double quadrilatère, intérieur ou bien extérieur, cette dernière disposition étant cependant préférable. Ces quadrilatères articulés sont formés, en dehors de l'arbre sur lequel sont montées les roues, par des bras rendus solidaires par une bielle horizontale.

Mais ces solutions n'étant pas rigoureusement exactes, on a essayé des liaisons à cames susceptibles de fournir telle relation que l'on voudrait entre les deux roues.

Le système Bourlet qui permet de faire converger dans toutes les positions les



lignes des fusées des roues directrices au même point de l'essieu d'arrière, est basé sur ce principe. Le quadrilatère articulé qui le compose est formé par une tige maintenue parallèle à l'essieu, grâce à deux manchons, et munie, à ses extrémités, de galets; deux bras, solidaires chacun de l'axe d'une roue, sont terminés par des glissières où roulent ces galets. L'expérience n'a pas encore prononcé sur la valeur pratique de ce système.

Sauf dans les motocycles et voiturettes, où la commande peut être faite directement

par guidon, généralement l'une des roues est commandée par le volant ou la manivelle dont dispose le conducteur, en passant par l'intermédiaire :

1° D'un organe permettant les mouvements relatifs dans le sens vertical de la voiture et des roues, sans laisser celles-ci flotter;

2° De renvois ou d'engrenages démultiplicateurs plus ou moins compliqués (ces derniers sont d'autant plus indispensables que le véhicule est plus lourd).

On a employé des commandes à sonnette uniquement composées de bielles articulées et des commandes par chaîne (aujourd'hui de plus en plus abandonnées à cause du jeu inévitable). On recherche les commandes irréversibles, qui obéissent à la main du conducteur, mais non aux efforts agissant sur les roues. Parmi les plus courantes, on peut citer: 1° celles qui utilisent une vis sans fin à pas court; 2° la direction épicycloïdale Gobrod et Brillé, dont la démultiplication variable depuis l'∞ en alignement droit jusqu'à une valeur faible pour un angle de braquage notable, réalise l'irréversibilité en alignement droit et permet, néanmoins, les changements de direction rapide; 3° la commande Jeantaud, qui repose sur un principe analogue à celui des freins automatiques genre Juhel. La liaison entre le volant et les roues est faite par deux demi-cylindres d'acier flexibles, placés dans un barillet fixe. Grâce à un léger jeu, le volant agit toujours sur l'un d'eux par traction et l'écarte du barillet. Les roues, au contraire, tendent toujours à agir par compression, et, grâce à un plan incliné, à

coincer le ressort dans le barillet. Faut-il placer la direction à l'arrière ou à l'avant. L'épure ci-contre, dans laquelle AB représente les roues avant de la voiture, CD les roues arrière, montre que, pour un même angle de braquage, la voiture tourne en moins de chemin et évite, par conséquent, plus facilement un obstacle placé sur sa route avec les roues directrices à l'avant qu'à l'arrière. On voit immédiatement qu'avec la direction arrière il n'est pas possible à une voiture rangée le long d'un trottoir de le quitter sans reculer. Soit BD le bord du trottoir, la roue D devrait le franchir si l'on marchait en avant. La voiture dirigée par l'arrière est moins stable qu'avec la direction par l'avant. Il faut, en effet, pour éviter le même obstacle, tourner avec un rayon beaucoup plus court dans le premier cas, ce qui donne avec la même vitesse une force centrifuge plus grande.

Avec la direction par essieu brisé, il n'y a pas de motif pour que les roues directrices soient plus petites ou plus rapprochées que les autres. Il serait logique d'adopter uniformément 1^m,44 d'écart, pour permettre aux voitures d'utiliser les rails de tramways.

§ 3. — Freinage.

Beaucoup d'automobiles sont munies d'un frein à sabots manœuvré par vis, comme ceux employés sur les voitures attelées : mais ce frein a rarement la puissance suffisante pour constituer l'un des deux systèmes de freinage exigés par le règlement, et il est le plus souvent monté supplémentaires en plus des deux systèmes obligatoires.

Sur les bandages de fer, on fait frotter des sabots de fer ou de bois ; sur les bandages de caoutchouc on a utilisé des sabots formés de deux rouleaux cylindriques à surface de caoutchouc et on les actionne le plus souvent par des colliers ou des enroulements au moyen desquels on obtient une grande puissance d'arrêt avec un faible effort de serrage.

Le collier d'une grande flexibilité est généralement extérieur au tambour ; il est muni soit de cuir, soit de feutre, soit de bois. En outre, tout véhicule automobile possède un deuxième système de freinage agissant directement sur une couronne fixée aux moyeux ou aux rais des roues motrices. Le dispositif du freinage débraie le moteur avant que le frein commence à agir.

Enfin, dans les voitures électriques, on peut généralement obtenir un freinage gradué en faisant agir la dynamo comme génératrice sur une résistance.

§ 4. — Roues.

Ce qui frappe, lorsqu'on étudie les voitures automobiles construites jusqu'à ce jour, c'est la valeur relativement peu élevée donnée aux diamètres des roues par rapport aux diamètres des roues de voitures à traction animale. Il semble que l'on ait craint, par l'adoption d'un diamètre un peu considérable, de soumettre les rais des roues à un effort fléchissant trop considérablement et surtout d'exposer les roues de faible écuaneur à un voilement.

La possibilité de relier la jante au moyeu par deux groupes de tendeurs en forme de troncs de cône est de nature à faire revenir sur cette disposition et à diminuer ainsi la résistance à vaincre.

§ 5. — Prix des véhicules. — Poids de leurs différentes parties.

Les véhicules légers: fiacres, voitures de luxe, se vendent de 20 à 30 francs le kilogramme.

Les automobiles pour transport public coûtent de 4 à 8 francs le kilogramme.

Le tableau ci-dessous donne la répartition moyenne du poids total des véhicules à voyageurs entre leurs différentes parties.

NATURE DU MOTEUR.	CARROSSERIE.	MÉCANISME	APPROVISIONNEMENT.	POIDS UTILE.	POIDS TOTAL.
Vapeur.	0,5	0,13	0,08	0,27	1,00
Essence	0,5	0,12	0,015	0,365	1,00
Électricité (fiacres).	0,5	0,09	0,3	0,11	1,00

Dans le cas de véhicules destinés au transport des marchandises, le poids de la carrosserie diminue d'au moins 0,1, qui se trouve reporté sur le poids utile.

D'une façon générale, la carrosserie constitue le poids le plus important. Il serait à désirer qu'on pût le diminuer.

CORROSION ET RUPTURE DES ARBRES D'HÉLICE, d'après M. Scott Younger.

Les ruptures de ces arbres à leur extrémité voisine de l'hélice sont de plus en plus graves et fréquentes, et leur cause principale est la corrosion qui se manifeste sur ces arbres aux extrémités des manchons en bronze de 15 à 25 millimètres d'épaisseur qui les enveloppent à l'étambot aux portées A et B (fig. 1) : ces corrosions se manifestent en général aux points 1, 2 et 3 et surtout en 1 et 2.

Les figures 2 à 9 qui représentent les différentes solutions proposées pour remédier à ces corrosions s'expliquent d'elles-mêmes.

On a attribué à ces corrosions des causes diverses : action galvanique seule ou aidée par les vibrations de l'arbre, action érosive mécanique de l'eau, efforts longitudinaux développés par les flexions de l'arbre : d'après l'auteur, leur principale cause est dans les courbures répétées que l'arbre subit sans cesse, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, principalement quand on marche avec l'hélice immergée en partie seulement, comme, par exemple, jusqu'en W (fig. 1).

Supposons que cette hélice ait les 22 p. 100 de son diamètre hors de l'eau avec deux de ses ailes horizontales, et dont les réactions s'équilibrent sur l'arbre, et les deux autres verticales ont leur centre de poussée T sur l'eau au 1/3 de la hauteur du triangle C. D. E. ou, avec les dimensions de la figure, à 4 pieds (1^m,22) sous l'axe de l'arbre.

Désignons par :

- W, le poids de l'hélice ;
- M, le moment de T ;
- w, le poids de l'arbre par unité de longueur ;
- P, sa réaction en B.

on a

$$w \left(\frac{la^2}{2} - \frac{a^3}{6} \right) + \frac{Ma^2}{2} + \frac{w}{2} \left(\frac{l^2a^2}{2} - \frac{la^3}{3} + \frac{a^4}{12} \right) - \frac{Pa^3}{3} = 0,$$

d'où avec les données de la figure 1 :

$$P = 15,2 \text{ tonnes.}$$

Connaissant ainsi la réaction P on détermine les moments de flexion aux différents

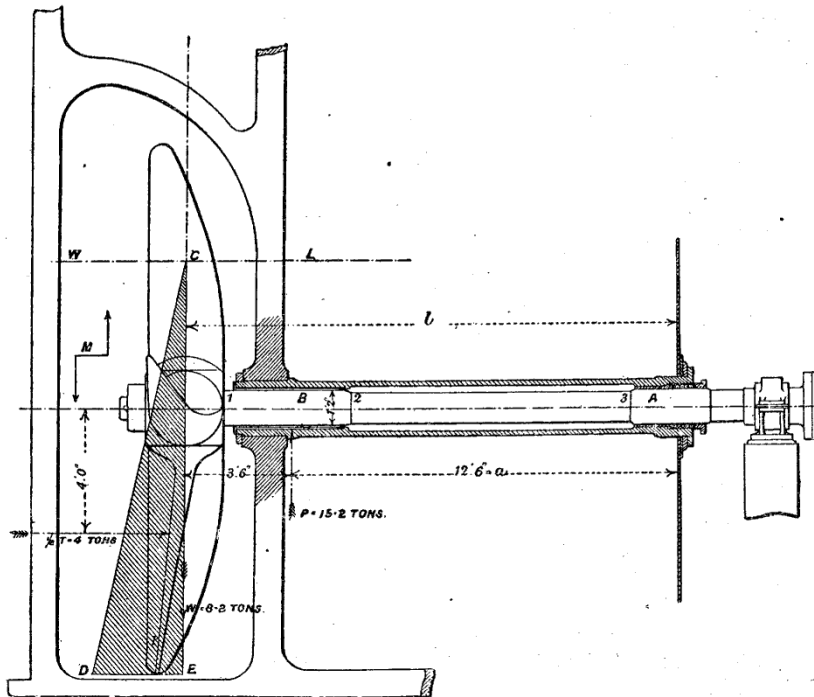
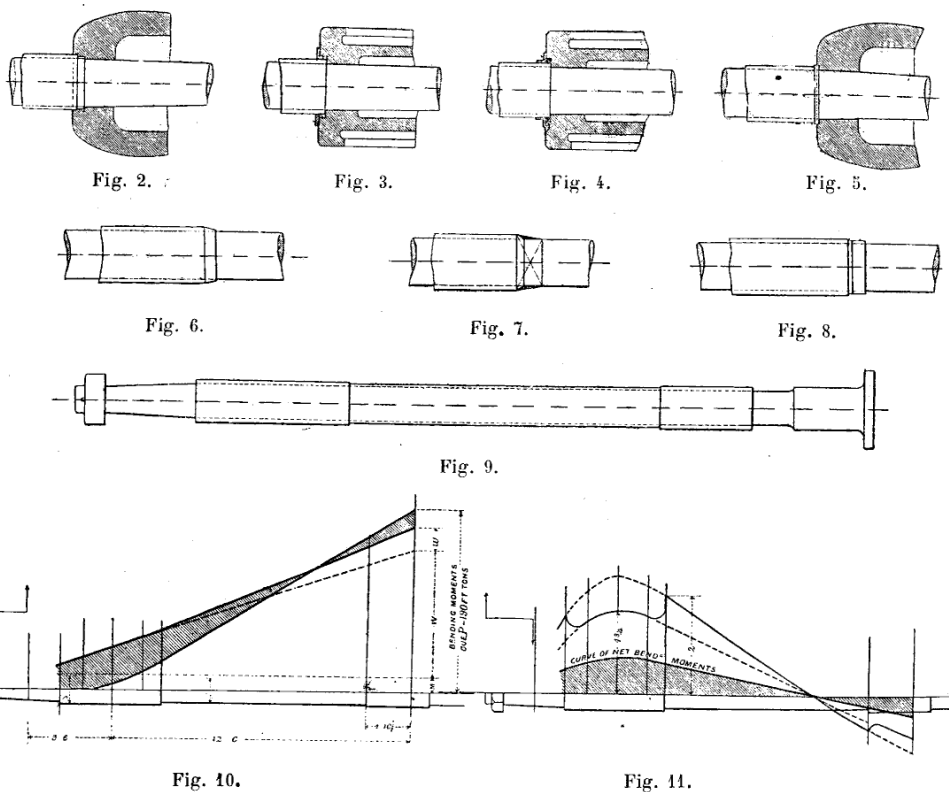


Fig. 1.

points de l'arbre par la méthode graphique (fig. 10) en faisant la somme algébrique des moments agissant en sens contraires en chaque point, ce moment de flexions a son maximum à peu près au milieu du palier de gauche, puis s'annule en un plan d'inflexions vers le palier de droite. De cette épure des moments de flexion on déduit celle (fig. 11) des efforts subis par unité de section de l'arbre $p = \frac{M}{I}$. J. maximum, on le voit, aux extrémités des portées, où ils coïncident avec une variation brusque du diamètre de l'arbre. Cette fatigue, de 3 kilogrammes par millimètre au cas actuel,

suffit grâce au changement perpétuel du sens de son effort par le fait de la rotation de l'arbre, et en s'ajoutant à sa fatigue de torsion, pour déterminer en ces points des fractures progressives amenant à la longue la rupture définitive.

Ces conclusions ont été vérifiées expérimentalement en faisant agir en C (fig. 12) sur un arbre en fer de 16 millimètres tournant dans deux paliers l'un A, exactement à son diamètre et l'autre B avec un jeu de $0^{\text{mm}},8$, une charge de 221 kilogrammes, base supérieure à celle correspondante de la pratique afin de déterminer plus rapidement



la rupture. Ces arbres étaient les uns à fourreau comme en fig. 1, les autres nus et marchaient à 180 tours par minute : les premiers se rompirent après 94 minutes et les autres après 388 minutes d'expérimentation, c'est-à-dire 4,13 fois moins vite que les premiers, ce qui montre très nettement l'importance de l'affaiblissement produit par la variation brusque du diamètre aux paliers.

Les dispositions des figures 2 à 9 avaient toutes pour objet d'empêcher l'accès de l'eau de mer aux portées; cette figure 9 avait son manchon terminé par des extrémités coniques enveloppées de toile à voile au minium et graissée, c'est la plus heureuse non par l'exclusion de l'eau, toujours très incomplète, mais pour ce que la forme tronconique du manchon évitait les variations brusques dans la résistance de l'arbre. On peut, en effet, souvent introduire une lame de canif sous les bords du manchon dilatés

par les efforts incessants qu'il subit et l'on a essayé en vain l'emploi de manchons forcés à chaud sur l'arbre, et qui se décollaient promptement. Le procédé qui consiste

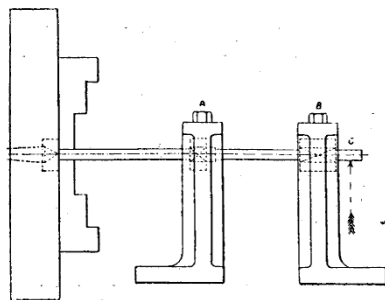


Fig. 12.

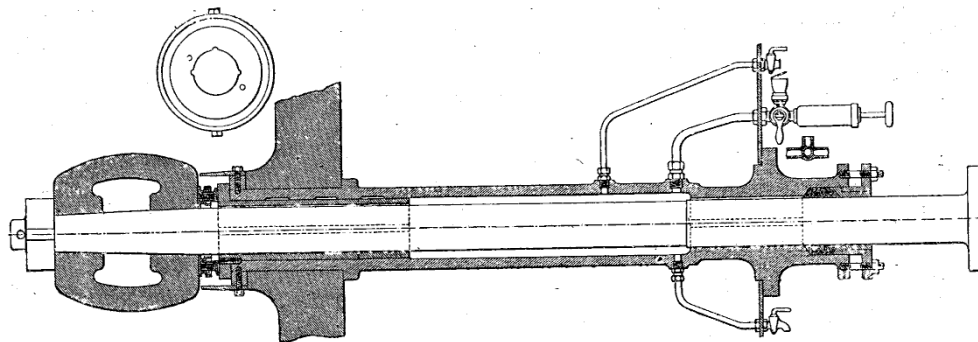


Fig. 13.

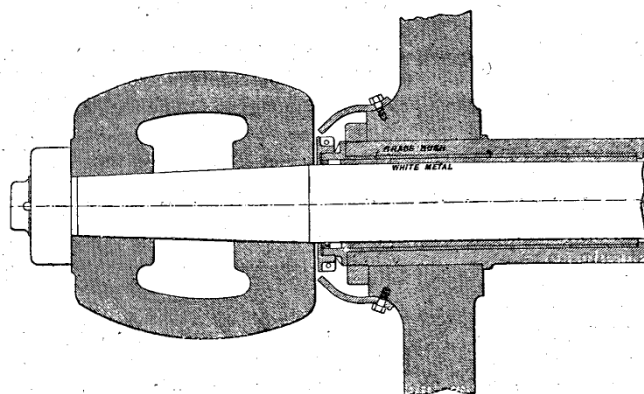


Fig. 14.

à recouvrir l'arbre entièrement de laiton comme en figure 9 est le plus fréquemment employé, et il évite bien l'accès de l'eau dans le tube de butée pourvu que ce manchon

soit d'une seule pièce; mais si le diamètre de l'arbre est ainsi pratiquement augmenté dans le tube, il est relativement diminué près de l'hélice, où il est aussi tenté de se rompre.

Les autres dispositions empêchant l'arrivée de l'eau par des garnitures en caoutchouc et en métal blanc ont parfois retardé la corrosion des arbres, non pas en empêchant ainsi la prétendue action galvanique, mais l'accès de l'air, de l'eau aux fissures provoquées dans le métal par sa fatigue.

On ne peut donc, en somme, proposer pour éviter efficacement ces ruptures qu'un seul remède, la diminution de la fatigue de l'arbre, et ce par trois moyens :

1° Augmentation du diamètre de l'arbre de 15 p. 100 environ aux portées de l'étambot;

2° Réduction du moment fléchissant,

(a) Par l'addition d'un second palier au delà de l'hélice et supportant le bout de l'arbre, à la condition de modifier et renforcer en conséquence la cage de l'hélice;

(b) En diminuant le plus possible le poids de l'hélice;

(c) En augmentant le poids du lest d'eau et par conséquent l'immersion de l'hélice;

3° En évitant toute variation dans la section de l'arbre par la suppression des fourrures et en remplissant le tube d'étambot d'huile ou de graisse pour empêcher la rouille de l'arbre avec palier et garniture élastique à l'avant, comme dans le dispositif de Cedervall (fig. 13) adopté récemment avec succès sur un grand nombre de bâtiments, et dont on pourrait d'ailleurs sans doute remplacer (fig. 14) les ressorts par une garniture à vis et écrou en deux pièces protégée des avaries par une grande circulaire. La suppression des ferrures permettrait d'augmenter d'autant le diamètre de l'arbre, par exemple, de 250 à 290 millimètres, en renforçant sa section de 15 p. 100 et sa résistance de 50 p. 100.

SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA PROPAGATION DE L'ONDE EXPLOSIVE

Note de M. H. Le Chatelier (1).

Au cours de recherches sur la détonation de l'acétylène (2), nous avons eu l'occasion de constater, M. Berthelot et moi, que la méthode photographique se prêtait à l'étude de l'onde explosive. Sur le conseil de M. Berthelot, j'ai appliqué cette méthode à l'étude des particularités que peuvent présenter le développement et la propagation de cette onde. Mes expériences ont porté sur des mélanges d'acétylène avec l'oxygène et les composés oxygénés de l'azote et sur le mélange tonnant de l'oxyde de carbone avec l'oxygène.

Développement de l'onde explosive. — Les mélanges d'acétylène et d'oxygène allumés avec une étincelle électrique prennent immédiatement des vitesses de propagation de la flamme très grandes de plusieurs centaines de mètres par seconde, et cette vitesse s'accélère rapidement jusqu'à dépasser un millier de mètres; puis l'onde explosive caractérisée par une vitesse plus grande encore et rigoureusement uniforme prend brusquement naissance. Le phénomène initial est tout différent de celui que l'on observe avec les mélanges d'hydrogène, de sulfure de carbone dans lesquels la vitesse initiale ne dépasse pas une trentaine de mètres. En remplaçant dans les mélanges d'acétylène l'oxygène par du protoxyde ou du bioxyde d'azote, l'allure générale n'est pas sensiblement modifiée. Dans le cas des mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène, l'inflammation par une étincelle donne des vitesses initiales

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 juin 1900, p. 1753.

(2) *Ann. de Phys. et de Chim.*, t. XX, p. 15; mai 1900.

très lentes, de quelques mètres par seconde seulement, trop lentes pour être enregistrées avec un dispositif expérimental dans lequel la plaque photographique se déplace à raison de 8^m,50 par seconde. En allumant ce mélange avec une petite amorce de poudre chloratée, on obtient de suite des vitesses d'un millier de mètres par seconde, mais cependant l'onde explosive n'arrive pas encore à prendre naissance; la vitesse, limite encore variable, se maintient aux environs de 1 300 mètres par seconde.

Dans le cas des mélanges d'acétylène enfermés dans un tube de 10 millimètres de diamètre et allumés avec une étincelle électrique, l'onde explosive a spontanément pris naissance après les parcours suivants de la flamme :

2 C ² H ² + O ²	1,00	C ² H ² + 2 AzO	0,20
C ² H ² + O ²	0,05	C ² H ² + 6 AzO	0,50
C ² H ² + 6 O ²	0,15	C ⁴ H ² + 2 Az ² O	1,00
C ² H ² + 10 O ²	0,80	C ² H ² + 6 Az ² O	0,10

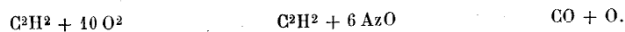
Il n'y a, dans aucun cas, continuité entre la période variable et l'onde explosive. Celle-ci prend naissance à une certaine distance en avant de la flamme à vitesse variable, à 0^m,03 dans le mélange C²H² + O². Ce fait est accusé par un ressaut de la courbe photographique enregistrée; le prolongement de la droite correspondant à l'onde vient de couper la ligne courbe correspondant à la vitesse variable un peu avant son extrémité. Dans cette période variable, la flamme est précédée d'une onde comprimée qui marche devant elle avec une vitesse égale, comme le font à la surface de l'écran les ondulations qui précèdent la proue d'un navire. Une fois l'onde explosive développée, les deux phénomènes se superposent, c'est-à-dire que le front de l'onde comprimée coïncide avec la tranche gazeuse en combustion, au lieu de la précéder.

Au point où l'onde explosive prend naissance, la masse gazeuse devient immédiatement obscure et perd toute action photogénique par suite du refroidissement rapide consécutif de la détente; cette masse sombre se promène ensuite de droite et de gauche dans le tube sous l'influence des mouvements vibratoires. Sur le parcours ultérieur de l'onde explosive, le même refroidissement ne se produit pas parce que chaque tranche gazeuse, avant de brûler, a reçu de la tranche précédente une quantité d'énergie égale à celle qu'elle cède à la suivante. Il n'y a que la première tranche qui se trouve dans des conditions différentes.

Vitesse de l'onde explosive. — Les mêmes expériences ont permis de mesurer la vitesse de l'onde explosive sur un chemin parcouru de 1 mètre seulement. Voici à titre d'indications quelques-uns des résultats obtenus; ils n'ont pas la même précision que ceux de MM. Berthelot et Vieille obtenus avec des tubes d'un grand nombre de mètres de longueur.

2 C ² H ² + O ²	2160	C ² H ² + 2 Az ² O	2580
1,5 C ² H ² + O ²	2510	C ² H ² + 6 Az ² O	2400
C ² H ² + O ²	2920		
C ² H ² + 3 O ²	2220		
C ² H ² + 4 O ²	2190	C ² H ² + 2 AzO	2850
C ² H ² + 6 O ²	1950	C ² H ² + 6 Az ² O	2800
C ² H ² + 10 O ²	1850	CO + O	1900

Mélanges limites. — L'onde explosive ne peut pas se propager dans tous les mélanges combustibles, il est intéressant de voir ce qui se passe dans les mélanges à la limite de propagation. C'est le cas, parmi les mélanges étudiés plus haut, des trois suivants :



Pour les deux premiers, l'onde explosive s'éteint de temps en temps au passage des coudes, par exemple, ou des parties étranglées, et est remplacée par une propagation en vitesse variable, notablement plus haute; puis celle-ci s'accélère à nouveau et finit par régénérer l'onde explosive.

Dans le cas de l'oxyde de carbone et de l'oxygène, les phénomènes sont plus intéressants. L'onde explosive ne prend pas naissance spontanément, par conséquent, elle ne se régénère plus une fois éteinte. On peut la provoquer au moyen d'une amorce de fulminate de $0^{\text{sr}},03$; mais si la dose de fulminate est trop forte, $0^{\text{sr}},75$, par exemple, on ne l'obtient plus. L'onde comprimée par cette charge est trop rapide et ne peut être suivie par l'onde explosive du mélange gazeux qui reste en arrière et s'éteint, par suite de l'agitation de la masse gazeuse. Voici les résultats obtenus :

Nature de l'amorce.	Mode de propagation.	Vitesse moyenne.
$0^{\text{sr}},10$ de poudre chloratée.	variable	1280 mètres.
$0^{\text{sr}},03$ de fulminate	onde explosive.	1900 —
$0^{\text{sr}},75$ de fulminate	ondulatoire.	1210 —

J'étudierai dans une prochaine Communication la propagation de différentes ondes condensées dans les gaz brûlés après l'achèvement de la combustion.

SUR LA PROPAGATION DES ONDES CONDENSÉES DANS LES GAZ CHAUDS

Note de M. H. Le Chatelier (1).

La propagation des ondes condensées dans les gaz pris au voisinage de la température ordinaire a été étudiée très complètement par M. Vieille. Ses expériences ont donné, pour la vitesse de ces ondes, conformément à la théorie de Hugoniot, des valeurs bien supérieures à la vitesse du son qui est celle des ondes infiniment peu condensées. La méthode photographique m'a permis d'étudier différentes particularités de ces ondes dans le cas des gaz chauds obtenus par la combustion des mélanges explosifs. La propagation de ces ondes se manifeste par deux phénomènes enregistrables : dans le cas d'ondes très condensées, par une augmentation d'éclat due à l'échauffement résultant de la compression adiabatique; dans le cas des condensations plus faibles, par un changement dans la vitesse des mouvements de translation dans la masse gazeuse. Ces mouvements de translation sont observables en raison des différences accidentelles d'éclat d'un point à l'autre des produits de la combustion, surtout dans le cas où des parcelles charbonneuses restent en suspension, comme cela arrive avec les mélanges d'acétylène renfermant un excès de ce gaz.

Discontinuité. — La théorie veut que toute onde condensée soit le siège d'une discontinuité de la masse gazeuse; leur propagation est un phénomène analogue à celui du mascaret. De part et d'autre de cette onde, le milieu éprouve un changement brusque d'état. Cette onde ne peut pas cependant être assimilée à une surface géométrique infiniment mince, parce que transportant avec elle une quantité finie d'énergie, elle doit intéresser simultanément une quantité finie de matière. Mes expériences montrent que l'épaisseur de cette onde, c'est-à-dire de la zone d'état variable, est en tout cas très faible. Pour les ondes peu condensées, l'épaisseur tombe au-dessous des incertitudes résultant du diamètre des tubes de verre employés, qui était de 5 millimètres. On peut cependant affirmer que l'épaisseur de cette onde est très notablement inférieure à 1 centimètre et qu'elle ne met pas un cent millième de seconde à faire passer un point donné de la masse gazeuse d'un de ces états extrêmes à l'état opposé. Pour les ondes très condensées, qui augmentent notablement l'éclat du gaz sur leur passage, l'épaisseur semblerait atteindre 1 centimètre, mais l'élargissement de l'image photographique, qui n'atteint pas encore $0^{\text{mm}},5$, pourrait bien être dû à des phénomènes d'irradiation sur la plaque sensible.

Il faut donc conclure que si la discontinuité ne peut pas être absolue au sens mathéma-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 2 juillet 1900, p. 30.

tique du mot, la zone d'état variable est cependant assez mince pour échapper à des procédés d'investigations déjà très précis et tout semble se passer comme si la discontinuité était absolue.

Production des ondes condensées. — Le développement des ondes condensées se produit spontanément dans la combustion des mélanges à grande vitesse de propagation principalement dans les conditions suivantes :

1° Au moment du développement spontané de l'onde explosive une onde condensée *rétrograde* est toujours lancée en arrière dans les gaz déjà brûlés;

2° L'arrêt complet ou partiel de l'onde explosive contre l'extrémité fermée ou dans une région étranglée d'un tube lance en arrière une onde condensée *réfléchie*;

3° Au point de rencontre d'ondes explosives allumées simultanément en différentes parties d'une masse gazeuse, leur extinction simultanée donne naissance à des ondes condensées *prolongées* qui progressent dans la même direction que les ondes explosives auxquelles elles succèdent.

On peut enfin provoquer artificiellement des ondes condensées au moyen de fulminate de mercure placé à l'avance au milieu de la masse gazeuse de façon que sa détonation se produise au moment où il est atteint par la flamme.

Vitesse des ondes condensées. — Cette vitesse est très variable avec l'importance de la condensation et la densité de la masse gazeuse qui est liée à sa composition et à sa température; elle se rapproche de plus en plus de la vitesse normale du son à mesure que la condensation décroît. Il n'y a donc pas à chercher pour cette vitesse de valeur définie. Voici quelques chiffres obtenus avec le mélange combustible $C^2H^2 + O^2$ dont l'inflammation avait été provoquée par une étincelle électrique. La longueur des tubes était de 1 mètre et leur diamètre de 5 millimètres.

	mètres.
Onde explosive.	2 990
Onde rétrograde.	2 300
Onde réfléchie.	2 250
Onde prolongée.	2 050
Onde par 0 ^{sr} ,1 de fulminate.	2 250
Onde par 0 ^{sr} ,75	2 600

Cette dernière vitesse se rapproche donc de celle de l'onde explosive, sans pourtant arriver à l'égaliser.

Voici maintenant quelques résultats semblables pour d'autres mélanges gazeux :

Composition du mélange.	Nature de l'onde.	Vitesse.
CO + O	Onde explosive.	1 900
	Onde réfléchie	1 000
	Onde par 0 ^{sr} ,1 de fulminate.	1 250
C ² H ² + 2 AzO	Onde explosive.	2 850
	Onde rétrograde	1 140
	Onde réfléchie.	1 350

Croisement des ondes. — Ces différentes ondes se réfléchissent à leur tour aux extrémités des tubes et finissent par s'entre-croiser. Contrairement à ce qui arrive pour les ondes peu condensées qui se traversent sans s'influencer réciproquement, ces ondes plus condensées éprouvent à leur rencontre des diminutions brusques de vitesse. La perte de vitesse est plus importante encore après les réflexions aux extrémités fermées du tube. Par exemple, une onde rétrograde dans le mélange $C^2H^2 + O^2$ a présenté les vitesses suivantes :

Vitesse initiale.	2 300
Après réflexion.	1 350
Après un premier croisement.	1 080
Après un deuxième croisement.	980

Dans le même mélange, l'onde produite par 0^{gr},1 de fulminate après croisement de l'onde précédente a vu sa vitesse tomber de 2250 mètres à 1900 mètres.

Mouvements ondulatoires. — Indépendamment de ces ondes isolées, la masse gazeuse reste animée, après leur passage, de mouvements oscillatoires analogues aux mouvements vibratoires du son dans lesquels il y a transport de la matière, tandis que dans les ondes en question il y a seulement transport d'un certain état particulier de la matière à travers la masse gazeuse. La vitesse de ces déplacements change brusquement après le passage de chaque onde. Voici quelques chiffres pour donner une idée de la grandeur de ces vitesses et de leurs changements :

Une même partie de la masse a présenté successivement les vitesses de + 177 mètres, — 200 mètres et + 150 mètres; dans le même mélange une autre partie a présenté les vitesses successives — 340 mètres et + 296 mètres, les changements se produisant brusquement au passage d'une onde en un temps inférieur à un cent millième de seconde, ce qui suppose des différences de pression énormes de part et d'autre de la tranche très mince intéressée simultanément par l'onde.

BIBLIOGRAPHIE

L'INDUSTRIE DU FER DANS L'URAL (1)

En 1899, le ministre des finances russes chargea M. Mendeleeff, l'éminent savant russe, d'étudier l'état actuel de la métallurgie de l'Oural et principalement de l'industrie du fer et de présenter un rapport sur les conditions du développement de cette industrie à l'Oural.

Pour accomplir cette tâche, l'illustre chimiste s'était fait seconder par des savants et des techniciens d'une valeur scientifique bien connue, comme par exemple : le professeur de la minéralogie de l'Université de Saint-Petersbourg, M. Zemiatchénsky, M. Woukoloff, le sous-directeur du laboratoire d'études de la marine russe, et M. Égoroff, ingénieur du bureau central des mesures et des poids. De plus, dans ce travail, prirent part MM. Touneff, Blumbach, Mamortoff, etc. Leurs rapports réunis dans un grand volume vient d'être publié par les soins du département du Commerce du ministre des Finances russes. Un de ces volumes fut envoyé à la Société d'Encouragement par les soins de M. Mendeleeff et nous nous empressons de le remercier.

Le volume contient, comme nous venons de le dire tout à l'heure, les rapports et les études précitées, ainsi que les études faites par M. Mendeleeff lui-même. Le volume est rédigé par ce dernier. Ce sont des comptes rendus détaillés, accompagnés des photogravures qui traitent les conditions du développement actuel de l'industrie du fer dans l'Oural, son état actuel, les circonstances de son développement progressif, les moyens de son amélioration, le rôle de ses immenses richesses naturelles, peu connues encore. Il est regrettable que nous ne puissions pas donner ici une analyse plus détaillée de cet intéressant ouvrage. Nous tâcherons de le résumer aussi complètement que possible et nous espérons que nos lecteurs nous sauront gré de vouloir leur communiquer quelques données officielles sur la métallurgie de cet immense pays minier qui s'étend du nord au sud de la Russie et qui forme la frontière naturelle entre l'Asie et l'Europe.

M. Mendeleeff a bien voulu nous indiquer les chapitres qui intéressent davantage le public français, et c'est sur ses conseils, que nous nous arrêtons spécialement sur les préliminaires et les conclusions.

« Avant de se rendre compte des renseignements nécessaires concernant l'industrie du fer et de la métallurgie en général de l'Oural, il est indispensable d'avoir un aperçu

(1) Ouvrage publié par le ministère des finances russes.

sur l'histoire de cette industrie et de parcourir quelques données statistiques qui puissent éclairer le lecteur ». C'est par ces mots que le savant russe commence l'étude en question.

L'Oural commença à se transformer en centre métallurgique aux ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles, grâce aux efforts combinés des Demidoff, de Strogonoff et d'autres, qui peuplèrent cet immense endroit par les immigrés russes, en remplaçant les anciens nomades, les Ostiaques, les Kirghises, les Permiaks, les Vagouls, les Tartares etc. Déjà à cette époque, l'Oural fut renommé par ses richesses minières et nommé par le peuple « le fond d'or ». Au début on en extrayait le sel gris et le cuivre.

C'est à Pierre le Grand, que revient l'honneur d'avoir dirigé les efforts des métallurgistes vers l'industrie du fer. On trouva des mines très riches en fer, on disposa d'immenses forêts, on fit venir de loin des spécialistes, et bientôt le fer de l'Oural fut connu et utilisé non seulement en Russie, mais dans toute l'Europe. Grâce à sa pureté, à sa malléabilité et à son bon marché, il fut même très recherché. Malheureusement, ce succès ne dura pas longtemps ; il fut entravé par la sévérité des administrations des mines, qui détournèrent les métallurgistes de l'Oural du fer vers l'industrie de l'or. L'initiative privée s'arrêta et l'Oural est devenu aux yeux des métallurgistes, comme une source d'accaparement et de gain facile. A la fin du siècle dernier et au commencement de notre siècle, la métallurgie de l'Oural resta dans le même état : la routine s'installa partout et arrêta le progrès. Deux circonstances ont pour ainsi dire secoué un peu les métallurgistes de l'Oural dans le courant du siècle qui s'écoule. Ces deux circonstances sont : l'abolition du servage en Russie et la création de la métallurgie dans le Donetz par Postoukhoff et Jousoff en 1880. Mais ce réveil eut peu de succès, et en voici l'une des causes principales, d'après l'auteur. Les paysans, inscrits jadis dans les « usines de l'Oural » ne reçurent pas, lors de leur délivrance, les chartes réglementaires ; ils n'eurent que des enclos de métairie, qui, du reste, ne sont pas encore définitivement établis. Les propriétaires des usines donnent aux paysans des prairies et du bois. En échange, les paysans sont forcés de travailler dans leurs usines ; ils deviennent pour ainsi dire des ouvriers forcés.

De plus, l'infertilité du sol oblige le paysan de s'occuper du transport ; c'est lui le principal agent du transport du minerai et des produits fabriqués : fer, fonte acier, etc. Son cheval et sa corde, voici les aides du paysan.

En ce qui concerne la métallurgie du Donetz, les métallurgistes de l'Oural y firent au début peu d'attention. Ce n'est qu'après la découverte des mines de Crivoy-Rogue et la construction de plusieurs chemins de fer, ralliant le Donetz avec le centre de la Russie et qui jouent un rôle considérable dans la réussite de l'industrie du fer dans le Donetz, que les métallurgistes de l'Oural portèrent leur attention sur les causes de la crise de cette industrie dans l'Oural. On pensait même, que cet insuccès dépendait de l'absence des mines de charbon, dont est si riche le Donetz, et que le bois est un combustible insuffisant pour la production de la fonte. On était même arrivé à considérer le charbon de terre, trouvé dans l'Oural, comme incapable de produire de la fonte. Malgré tout, l'éveil produit par les circonstances indiquées plus haut a donné quand même quelques bons résultats. En considérant comme mines de l'Oural, celles qui sont situées tout près de la chaîne de l'Oural, et qui occupent un espace limité à l'ouest par la rivière de Kama, on pourra estimer la production de la fonte de ces mines pour les trente dernières années par les chiffres suivants en millions de pouds :

	Production pour la Russie.	Pour l'Oural : Gouvernements de Perme. d'Oufim et d'Orenbourg.	Pour le sud-ouest de la Russie Donetz, les gouv. Ekaterinoslaw et Kherson.
1868.	20 millions de pouds(1).	14 millions de pouds.	—
1873.	24 —	16 —	—
1878.	26 —	17 —	1 million de pouds.
1883.	29 —	18 —	2 —
1888.	41 —	22 —	5 —
1893.	71 —	29 —	20 —
1898.	136 —	41 —	61 —

Ainsi, la production de la fonte pour toute la Russie a augmenté considérablement pendant les dix dernières années : de 41 millions de pouds elle atteint le chiffre de 136 millions.

Comme on a pu le voir, cette augmentation est due principalement à la croissance prodigieuse de l'industrie du fer dans le midi de la Russie, où, de 5 millions de pouds elle atteignit 61 millions, ou 56 millions de plus, alors que, pour l'Oural, ce surplus n'est que de 19 millions ; de 22 millions de pouds en 1888, la production y atteint, en 1898, 41 millions.

Il ne faut pas croire, dit plus loin M. Mendeleeff, que le manque de charbon de terre soit la seule cause de cette lenteur du développement progressif de l'industrie du fer dans l'Oural. Ce qui manque à l'Oural, c'est l'initiative privée, l'énergie, les capitaux et la direction scientifique et pratique des industriels. Ces facteurs auraient pu faire des prodiges dans l'Oural ; d'abord parce que l'Oural est connu depuis fort longtemps ; ensuite, parce qu'on n'y était point obligé de commencer dès le début, comme cela a eu lieu dans le Donetz.

D'une façon générale, jusqu'en 1880, il fut impossible d'attendre un progrès quelconque pour la production du fer de la Russie en général et de l'Oural en particulier. Les conditions économiques de la vie russe et la prédomination du système spécial de la douane russe s'y prêtèrent trop peu. Mais, à partir de ce moment, et surtout dès l'apparition du nouveau tarif de la douane russe de 1891, qui protège l'industrie nationale du fer, on pouvait espérer une croissance progressive de la production du fer en Russie. Cette production aurait dû satisfaire à toutes les demandes du pays et même former une forte réserve pour l'exportation. Néanmoins, le seul résultat obtenu en Russie est l'augmentation de la production de la fonte de 41 millions à 136 millions de pouds. Cette augmentation, améliorant par la force des choses la situation économique des ouvriers, justifie suffisamment les lois protectrices qui, cependant, n'ont pas eu une grande influence sur le développement de l'industrie métallurgique de l'Oural. Cet ancien centre métallurgique de la Russie a cédé le pas à son nouveau concurrent, le midi de la Russie.

Une cause essentielle de la lente progression du développement de l'industrie du fer dans l'Oural est le prix du fer, qui y est encore au-dessus des prix de l'Europe et des États-Unis. Ceci explique la croissance de l'importation du fer en Russie, d'autant plus que la demande du fer en Russie augmente sans cesse. Pour mieux montrer l'augmentation de la consommation du fer en Russie et la marche progressive de l'importation, le tableau suivant, extrait par l'auteur du « Bulletin pour le commerce extérieur de la Russie » de 1897, donne l'image exacte de la marche crois-

(1) Le poud vaut 16^k,38.

Les usines de l'Oural des gouvernements de Perm, Oufa et Orenbourg.
RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX OFFICIELS DE L'ANNÉE 1898

NUMÉROS.	NOMS DES PROPRIÉTAIRES.	NOMBRE DES USINES EN 1896				MILLIERS DE POUCE OBTENUS PAR AN								MILLIERS POURVIERS EN 1896		MILL. DE DÉCHETS EN 1896		MILLIERS DE POUCE DE COMBUSTIBLE CONSOMMÉ PAR LES USINES EN 1896							
		N° GENERAL.	QUI ONT OBTENU LE DROIT :			NOMBRE DES HAUTS FOURNEAUX EN 1896	FONTE.		FER ET ACIER.		N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.	N° D'USINE.
			Par	For	Fonte.		1896	1898	1896	1898															
1	<i>Dans les possessions d'Etat :</i> L'Etat (les usines métallurgiques de l'Oural appartenant à l'Etat).....	12	5	1	1	16	3794	4372	1086	1025	78	14,9	2213	1833	6024	10947	72	7	360	981					
2	La Société Volgo-Vietorsk.....	1	"	1	1	2	1097	1074	"	"	0,2	0,4	1000 ?	800 ?	4174	"	"	"	1	"					
3	<i>Dans les usines de possessions :</i> Les héritiers de S. S. Jakovlev (les usines Alpaïeff).....	4	"	1	1	4	2079	1911	1219	1404	2,4	4,4	420	399	2928	6079	7090	"	4	"					
4	Les héritiers de P. S. Jakovlev (les usines de Neviansk).....	2	"	1	1	2	985	1116	65	37	0,4	0,2	401	32	1132	36	"	"	33	"					
5	La comtesse Stenbak-Fernor (les usines de Iseïsk supérieure).....	9	4	"	"	6	2038	2002	1262	1095	2,8	1,7	703	414	3460	3542	"	726	"	"					
6	L. Salomirsk et les héritiers de Tourchak-minoff (les usines de Sisseïsk).....	5	3	"	"	4	1593	1675	1335	1467	4,5	6,1	238	213	1746	3652	2461	3	2	"					
7	Les héritiers de Permkin (les usines de Revdinsk).....	3	2	"	"	2	571	604	472	418	0,7	1,5	469	146	674	1520	"	"	"	"					
8	P. Berg (les usines Choutansk).....	1	"	"	"	1	353	512	227	291	0,7	1,4	34	26	460	414	920	67	65	"					
9	Les héritiers de Demidoff (les usines de Nijni-Tegoulsk).....	7	3	"	"	11	3475	4423	2906	2736	4,9	8,8	599	514	4446	5163	4311	512	769	16					
10	<i>En donations privées :</i> Les héritiers de Demidoff, comte Sam Donato (les usines de Louzansk).....	2	1	1	1	2	479	676	264	310	1,0	0,4	223	199	609	2178	"	"	29	"					
11	Comte S. Stroganoff.....	6	2	3	3	7	2042	2065	1570	1376	3,3	5,6	764	659	2676	9680	"	"	4	16					
12	Comtesse Abameïek-Lazareff.....	3	1	1	1	4	1863	1806	735	866	1,9	2,7	716	678	2783	4293	"	"	346	47					
13	La société anonyme de Kamna.....	3	1	1	1	5	1579	2469	724	499	1,7	0,8	440	305	2749	2255	"	"	2002	5					
14	La société de Bagolowsk.....	2	1	1	1	5	880	2832	712	925	1,2	1,1	402	395	1415	3251	"	"	"	"					
15	La société des usines Segouin-Oulaf.....	3	1	"	"	4	1497	1809	1503	1619	3,8	4,3	491	167	1932	4728	1026	207	"	"					
16	O. Drouguine, Mellier-Zasouneïk, etc. (les usines de Kichim).....	5	1	1	1	6	978	1530	938	1133	4,1	6,5	507	400	1646	3514	"	"	"	65					
17	M. Balachew.....	3	1	1	1	3	1210	1405	796	625	1,0	2,5	260	210	1462	2354	"	"	"	5					
18	La société de Beloretz.....	4	1	1	1	7	2348	2850	2057	1455	2,6	12,7	293	230	3382	6776	"	3	"	"					
19	La société métallurgique Oural-Volga.....	2	1	1	1	4	478	525	248	39	1,1	0,4	68	47	654	1694	"	"	14	81					
20	Comte Beloussky-Beloussky.....	3	1	1	1	7	1429	1894	1752	1429	2,8	3,6	365	289	2284	3500	98	"	"	"					
21	M. van Dervise.....	2	"	2	2	2	724	1397	"	"	0,2	0,1	34	33	1020	413	"	24	"	"					
22	V. Pachouff.....	1	"	1	1	1	414	317	"	96	0,1	0,1	37	4	148	95	"	"	"	"					
23	G. Kondurine.....	1	1	1	1	1	"	"	27	6	0,1	0,6	15	11	132	16	"	"	"	"					
24	Les frères Kamensky.....	2	1	1	1	1	72	"	"	"	0,1	0,2	15	11	649	22	"	"	"	"					
25	M. Schanoff et Co.....	1	"	1	1	2	508	668	253	314	0,7	0,2	110	78	90	1661	"	"	1	4					
26	A. Verolowsky.....	1	"	"	"	"	"	"	"	"	0,1	0,1	31	24	34	981	"	"	1	49					
27	Les héritiers du prince Vorotzoff, comte Schouvaloff.....	1	1	1	1	3	1468	1518	447	390	0,4	0,1	409	385	3008	3388	"	"	"	"					
28	Comte Schouvaloff.....	4	1	1	1	5	"	"	447	390	2,1	0,5	499	385	3008	3388	"	"	"	"					
	Total.....	95	31	21	112	33806	41445	29937	21658	49,9	89,3	10374	8673	48248	88163	16202	1368	3531	1465						

sante de la production et de l'importation du fer en Russie pendant la dernière dizaine d'années du XIX^e siècle.

	Production de la fonte en Russie. Millions de pouds.	L'importation du fer, fonte, acier et des produits du fer transformés en fonte.			La consommation annuelle de la fonte en Russie. Millions de pouds.
		En état brut. Millions de pouds.	Travaillé.		
			Millions de pouds.	Total. Millions de pouds.	
1886.	32,5	21,4	5,3	26,7	59,2
1887.	37,4	14,3	4,7	19,0	56,4
1888.	40,7	10,5	6,0	16,5	57,2
1889.	45,2	14,6	7,3	21,9	67,1
1890.	55,2	16,5	7,5	24,0	79,2
1891.	60,0	10,9	7,3	18,2	78,2
1892.	64,1	10,2	6,7	16,9	81,0
1893.	70,3	17,3	8,1	25,4	95,7
1894.	79,7	28,0	13,4	41,4	121,1
1895.	87,1	28,4	13,6	42,0	129,1
1896.	97,4	32,0	17,3	49,3	146,7
1897.	112,0	36,4	16,7	53,1	165,1
1898 (1)	135,6	»	»	57,4	193,0

Nous avons déjà dit que l'augmentation de la production du fer en Russie se fit ressentir à partir des améliorations du tarif de la douane en 1887 et surtout à partir de la publication des lois protectrices de 1891. Ce tarif a un double avantage : il protège la production nationale d'un côté et n'empêche point l'importation étrangère. C'est paradoxal, mais c'est ainsi, et la Russie n'est pas encore prête à sortir de cet état. Voici un exemple : En 1897, il fut importé en Russie des produits du fer pour une somme de 123 millions et demi de roubles, où le prix du poud de fonte, sans compter les droits d'entrée, revient à 2 roubles 5 en moyenne. Comme la consommation actuelle atteint de 193 à 200 millions de pouds, il résulte que le fer nécessaire à la consommation actuelle reviendrait à 500 millions de roubles, dont un tiers doit être compté pour l'importation. Par conséquent, il faut compter, pour chaque habitant russe 1 pouds 5 de fonte par an ; or, en Europe cette consommation en fer est cinq fois plus élevée qu'en Russie. D'où il résulte que la Russie doit encore déployer beaucoup d'énergie et de persévérance avant de pouvoir arriver au même niveau que ses plus proches voisins.

L'Oural n'a pas pris une part active dans le développement de la métallurgie contemporaine de la Russie. Il est même menacé par le midi de la Russie de passer au second plan. Récemment, on vient de découvrir des mines de fer dans les gouvernements de Wladimir, de Toulsk et d'Orloff, et déjà l'industrie métallurgique commence à s'y développer avec un véritable succès. Et, pourtant, le minerai de l'Oural est l'un des plus riches. En moyenne, le minerai de l'Oural produit 56 p. 100 de fonte. En 1896, 60 millions pouds de minerai produisent 31 millions pouds de fonte. « Telle richesse de minerai, dit l'illustre chimiste, exige 175 pouds de minerai et 125 pouds de charbon de bois pour produire 100 pouds de fonte, c'est-à-dire que, pour produire à l'Oural un poud de fonte, il faut trois pouds de minerai et de charbon de bois.

L'Oural produit relativement peu de fonte : 10 p. 100. Le reste sert à fabriquer

(1) Ces chiffres sont encore inédits.

L'INDUSTRIE DU FER DANS L'OURAL. 105

l'acier et le fer destinés principalement à la fabrication des rails, des barres, des feuilles, des fils etc. Peu d'usines emploient leur fer pour la construction des machines. Parmi les usines de l'Oural qui fabriquent les machines, on peut citer les hauts fourneaux d'État des districts de Perm, de Zlotomsk, d'Artinsk; les hauts fourneaux de Demidoff de Nijni-Taghilsk et les usines de Shissert.

Pour mieux mettre en évidence l'état actuel de la métallurgie de l'Oural, l'auteur résume dans le tableau p. 112 et 113 les renseignements publiés par le *Bulletin* des comptes rendus des séances des métallurgistes. Les statistiques réunies dans ce tableau concernent la production des métallurgistes de l'Oural pendant les deux années 1896 et 1898. Un fait capital ressort du tableau que nous donnons plus loin : le nombre relativement restreint des métallurgistes et les immensités de terrains de leurs propriétés. Pour l'immense espace métallurgique qui constitue le cœur de l'Oural, il n'y a que 28 métallurgistes. C'est vraiment trop peu.

La troisième colonne du tableau indique le nombre des usines qui produisent la fonte seule, c'est un tiers des usines de l'Oural. Les autres usines produisent la fonte pour la transformer en acier ou en fer. Comme on peut le voir d'après le tableau, le principal combustible de l'Oural est le charbon de bois. 100 parties du bois de l'Oural donnent comme rendement, de 20 à 30 p. 100 de charbon, soit 25 p. 100 en moyenne. Le bois évapore 4,3 fois son poids d'eau, et le charbon de bois 8,6. Par conséquent, en obtenant 25 p. 100 de charbon de bois, le bois perd une moitié de ses calories. Le charbon de terre, donnant 75 p. 100 de coke, perd 9,7 parties d'eau; le coke en perd 8,9; on voit que le charbon de terre perd, en se transformant en coke, 31 p. 100 au lieu de 50 p. 100, que perd le bois, lorsqu'il se transforme en charbon de bois.

Ainsi, on peut admettre, comme poids d'eau vaporisée par ces différents combustibles.

Pour le bois = 4,3; pour la tourbe = 5,3,
 Pour le coke = 8,9,
 Pour le charbon de bois = 8,6,
 Pour le charbon de terre de l'Oural = 7,5,
 Pour le naphte = 13,9.

En remplaçant les différents combustibles par les équivalents en bois, on aura que les 1368000 pouds de tourbe peuvent être remplacés par 16900000 pouds de bois; les 3530000 pouds de charbon de terre par 6240000 pouds de bois, et les 1265000 pouds de naphte par 4090000 de bois; en somme, ces différents combustibles utilisés peuvent être facilement remplacés par 12000000 pouds de bois. D'après le calcul, l'auteur montre que tout le bois utilisé pour la métallurgie en 1896 occuperait un espace de 3 millions de diessatines. Les colonnes 11 et 12 montrent que l'Oural a suffisamment de forêts pour satisfaire cette consommation en bois. De tous les gouvernements de l'Oural, deux, ceux de Perm et d'Oufim, contiennent d'immenses forêts, et c'est là que s'est concentrée la métallurgie actuelle de l'Oural. Le gouvernement de Perm, dont l'étendue est à peu près de 30 millions de diessatines (1) (près de 32,76 millions d'hectares), possède 20 000 000 de diessatines de forêts (20,18 millions d'hectares). Le gouvernement d'Oufim en compte 5 millions.

Pour mieux comprendre l'état actuel de la métallurgie de deux gouvernements

(1) Le diessatine vaut 1^h,092.

Gouvernement d'Oufm.

LA TERRE EN DISSATINES.

D'APRÈS LE COMITÉ STATISTIQUE. 1898.		LA TERRE EN DISSATINES.											
D'APRÈS LE BUREAU GÉODÉSIQUE DU CONSEIL GÉNÉRAL DU GOUVERNEMENT D'OUFM JUSQU'AU 1 ^{er} OCTOBRE 1898.		Y COMPRIS								D'APRÈS LE BUREAU DES STATISTIQUES DU CONSEIL GÉNÉRAL DU GOUVERNEMENT D'OUFM.			
						Forêts.		Terres labourables.		Chez les grands propriétaires.		Chez les petits propriétaires.	
DISTRICTS.	Habitants.	Total.	État.	Villes.	Propriétés privées.	Payans.	Backirs.						
Oufm.	401 822	1 803 638,4	16 116,8	5 101	821 239,6	404 080	360 069,4	1 086 685,7	457 710,34	817 630,63	30 706,20		
Brsk.	520 851	2 234 376,7	94 975,8	2 492,3	326 691,3	400 209,4	439 126,9	1 232 562,3	770 992,69	331 430,85	10 043,91		
Menzéinsk . .	407 236	1 465 015,8	107 534	2 803,7	180 428,9	396 096,4	299 123,9	385 937,7	643 694,49	471 984,27	13 970,59		
Sterlianaksk.	372 280	1 923 632	66 563,3	1 430,7	523 400,7	358 740,9	808 940,2	863 532,4	553 288,95	506 975,49	11 399,64		
Belebeeff . . .	475 489	2 062 108,5	239 967,9	2 469,2	346 576	365 115,2	379 377,7	548 788,8	905 234,12	396 561,40	14 431,22		
Zlatoust. . . .	205 482	1 646 875,5	394 641,5 (1)	1 883,4	209 979,2	240 821	722 643,6	1 112 420	292 978,66	207 679,65	1 179,92		
Total.	2 383 140	10 835 726,6	553 437,6 394 641,5 (1)	16 180	2 408 285,7	2 165 062,9	5 298 118,9	5 249 926,6	3 623 896,25	2 382 262,29	81 731,48		

(1) Appartenant au département des Mines.

(1) Appartenant au département des Mines.

L'INDUSTRIE DU FER DANS L'OURAL.

nous citerons les deux tableaux de l'auteur, où celui-ci a réuni les données officielles, concernant les deux gouvernements en question.

Dans le premier tableau p. 115, l'auteur donne les statistiques du gouvernement de Perm pour l'année 1898. Les deux dernières colonnes appartiennent à M. Mendéléeff et présentent un intérêt plutôt théorique. Il en résulte, que la terre fertile ou soumise à l'agriculture, est en raison inverse de l'étendue des forêts. Les districts où l'agriculture est plus développée sont relativement pauvres en forêts.

Les 5 millions de forêts du gouvernement d'Oufim ne peuvent certainement pas concourir avec les immenses étendues de forêts du gouvernement de Perm. Mais, vu le nombre d'habitants de ce gouvernement — 2 millions un tiers — on peut dire que les forêts du gouvernement d'Oufim peuvent fournir à la métallurgie de l'endroit un combustible complètement suffisant.

Ces renseignements préliminaires montrent les richesses naturelles de l'Oural et son avenir métallurgique. On doit se demander pourquoi l'Oural, comme centre métallurgique rétrograde plutôt qu'il n'avance. — C'est pour en rechercher les causes que le ministre des finances russes, M. Witte, a chargé Mendéléeff d'une mission dont les résultats sont recueillis dans le volume que nous résumons ici en grandes lignes.

Il s'agissait de savoir :

1° Où il faut rechercher la cause de la « lenteur » du développement de l'industrie du fer dans l'Oural.

2° Quelle quantité de fer, d'acier et de fonte pourra-t-on obtenir des richesses naturelles de l'Oural, si l'industrie y atteint son maximum.

3° Si les produits du fer peuvent devenir meilleur marché et quel est le prix qu'ils peuvent atteindre.

4° Quels sont les moyens, administratifs et gouvernementaux, qui peuvent abaisser le prix de revient et activer le développement de la métallurgie du fer, de l'acier et de la fonte.

5° Quelle importance présenteront dans ce cas les usines, les mines et les forêts d'État.

Les réponses à ces questions se trouvent dans les derniers paragraphes du volume, intitulés « Conclusions » et dus à M. Mendéléeff. En raison de l'importance de ce paragraphe, nous l'analyserons aussi complètement que possible, en suivant l'auteur d'un bout à l'autre.

Quelles sont les causes de la lenteur du développement de l'industrie de fer dans l'Oural? Il est difficile de donner une réponse brève à cette importante question. On est obligé de se reporter à l'historique de la question pour pouvoir expliquer cette « lenteur ». En 1886, la Russie consomme 59 millions de pouds de fer. En 1891, la production atteint le chiffre de 60 millions de pouds. La consommation et la production sont presque identiques; le retard est donc de cinq ans. En 1898, la production du fer atteint le chiffre de 136 millions de pouds; en 1899, cette production devait être, d'après l'auteur, de 150 millions de pouds. La consommation du fer de 1895 à 1896 est égale à la production de l'année 1898, d'où il résulte, que le retard n'est que de deux ans et demi. Il faut espérer que ce retard s'annulera, c'est-à-dire que la production sera égale à la consommation, puis la dépassera; alors, on sera obligé d'exporter l'excédent. Une évolution pareille eut déjà lieu en Russie pour l'industrie du naphte; elle est possible également pour la métallurgie, grâce aux lois

protectrices introduites dans la pratique en Russie depuis 1880. Par conséquent, pour expliquer la lenteur de la métallurgie de l'Oural, il faut s'arrêter à la période de la dernière dizaine d'années.

De 1887 à 1898, la production du fer à l'Oural a doublé de 20 millions de pouds, elle est arrivée à 41 millions. En même temps, la consommation du fer en Russie a quadruplé. Voici, maintenant, comment il faut comprendre la question de la « lenteur » de l'Oural. Ceci peut dépendre ou de l'absence de l'énergie suffisante à l'Oural, ou de la nécessité d'un développement lent, ou bien de ces deux causes. C'est ce qui reste à expliquer : il est difficile d'avoir une industrie privée dans l'Oural, en ce moment au moins, surtout dans le Centre et dans le Midi du gouvernement de Perm. L'industrie métallurgique marche relativement bien dans le gouvernement d'Oufim et dans le Nord du gouvernement de Perm et justement là où tout était à faire. Le centre, occupé par les anciennes usines, se trouve dans les mains des anciens propriétaires, qui, par routine, s'opposent à toute nouvelle tentative de construction des hauts fourneaux. Ainsi, les propriétaires des usines Oufaleysk ne permettent aucune construction dans leurs immenses propriétés. Les propriétaires Iakovleff et Demidoff sont dans les mêmes conditions. Les possessions des comtes Stroganoff : 1 million et demi de diessatines contiennent peu de minerai, et les propriétaires sont obligés de s'en procurer ailleurs. L'État même garde ses usines dans le centre, alors qu'il cède volontier ses mines à l'initiative privée dans le Donetz et dans le Nord de l'Oural. Au centre de l'Oural, la peur de la concurrence s'oppose au développement progressif de la métallurgie, malgré les voies de communication, que possède cette partie de l'Oural : les chemins de fer de l'Oural, de Tcheliabinsk, de Samara-Zlatoussk et la voie fluviale de la rivière Tchoussova. Ainsi, les anciennes usines de l'Oural continuent leur existence routinière : toute l'initiative privée est arrêtée par les gros possesseurs du centre de l'Oural, ce qui arrête l'extension de la métallurgie du pays.

Outre cette cause « capitale », il y en a d'autres. Il existe dans l'Oural ce qu'on appelle en Russie le système des « nadiéls » inachevés, c'est-à-dire les lots de terrain cédés aux paysans affranchis et qui ne leur appartiennent pas encore définitivement. Il faut remarquer, que cet état de choses dure depuis 1861, date de l'affranchissement des paysans russes. Les paysans des « nadiéls » sont forcément attachés à la propriété du possesseur, qui de son côté est forcé de fournir du travail. Il arrive que, pour satisfaire à cette besogne, le possesseur est obligé de construire par-ci par-là une usine, en s'occupant peu du résultat obtenu, pourvu que ses paysans soient satisfaits. D'autre part, le possesseur se trouvant sous le coup de la loi, qui tôt ou tard le forcera à céder définitivement les nadiéls, s'occupe peu de l'amélioration des mines et des usines, qui s'y trouvent. Forcé de travailler avec les paysans attachés, il ne peut pas avoir des ouvriers compétents, comme cela se pratique ailleurs. Par conséquent, avec la fin des fameux « nadiéls » inachevés disparaîtra l'une des causes de la lenteur du développement de la métallurgie de l'Oural.

Une des particularités caractéristiques de la métallurgie de l'Oural consiste dans l'état des usines. Elles occupent 2 millions un quart de diessatines et produisent annuellement près de 12 millions de pouds de fonte, c'est-à-dire un tiers de la production de tout l'Oural. Les usines d'État occupent 2,3 millions de diessatines et produisent 5 millions par an. Les usines privées, débarrassées de la vieille routine, produiraient plus. D'après l'auteur, les lois sur les concessions sont des causes indirectes de la lenteur du développement de l'industrie métallurgique dans l'Oural.

La troisième cause de cette lenteur constitue le transport à la corde, dont la plupart se fait ici par des paysans. Il existe ici bien des chemins de fer, comme par exemple la ligne de Taghilsk, de Bagoslovsk, de Tchoussovo-Berezinsk, d'Ekaterinbourg à Tcheliabinsk; mais tous ces réseaux n'occupent qu'un espace de 1242 verstes, alors qu'il faudrait au moins 2500 verstes de chemins de fer. De plus, il faudrait de larges chaussées, qui manquent en grande partie, pour pouvoir transporter même les 40 millions de pouds de fonte que produit l'Oural actuellement. C'est en 1878 que fut inauguré le chemin de fer de Perm à Ekaterinbourg. En 1896, fut ouverte la ligne d'Ekaterinbourg à Tcheliabinsk. Celle-ci réunit l'Oural au Transsibérien et ouvre ainsi une issue aux produits de l'Oural vers l'Ouest. Jusqu'à cette époque, la seule issue aux produits de l'Oural fut la rivière Kama, qui ne devient accessible pour « charrier » les marchandises que l'été.

Il est même étonnant, dit M. Mendeléeff de constater qu'avec des causes semblables de « lenteur », l'Oural a pu produire le double de fer; de 20 millions à 40 millions en dix ans. La seule chose qui peut expliquer cette anomalie, c'est l'introduction du système protecteur et les grandes richesses naturelles de l'Oural.

Quelle quantité de fonte et de produits de fer pourra-t-on obtenir dans l'Oural, en prenant en considération ses richesses naturelles et en supposant, que la métallurgie y atteindra son maximum? Il s'agit ici de richesses réelles, constatées et vérifiées par les moyens scientifiques. Pour que l'industrie du fer puisse se développer avec succès, il faut posséder les deux principaux facteurs: le minerai et le combustible, qui puisse donner un charbon plus ou moins dur. Les autres produits, comme le quartz, la terre glaise, le fer chromé, le manganèse et tant d'autres, peuvent être importés de loin ou bien se trouvent souvent en mélange avec le minerai de fer. Le minerai et le combustible forment les principaux agents d'une métallurgie, et, pour que celle-ci soit florissante, il faut que ces agents s'y trouvent en abondance. Pour produire 1 poud de fer en feuille ou en barre, ou un poud d'acier, il faut 1 poud et 1 quart de fonte ou bien 2 pouds de minerai, en supposant que le minerai contient 60 p. 100 du fer pur, — comme par exemple le minerai de Whyssogorsk. Si le minerai est pauvre — 40 p. 100 de fer pur — il en faudra 3 pouds pour fabriquer 1 poud de fer ou d'acier. En moyenne, il faut compter pour 1 poud de métal, 2 pouds et demi de minerai.

Comme combustible, il faut compter pour produire 1 poud de fonte, 4 pouds de bois, en supposant, que ce dernier fournisse 25 p. 100 de charbon de bois. Pour transformer la fonte en fer ou en acier, il faut compter également 4 pouds de bois, ce qui fait 8 pouds de bois pour produire 1 poud de fer ou d'acier. Pour le charbon de terre, cette proportion est différente: il faut compter 1 poud et demi de charbon de terre donnant deux tiers de coke pour produire un poud de fonte, et autant pour transformer la fonte en fer ou en acier, ce qui fait 3 pouds de charbon de terre pour fabriquer 1 poud de fer ou d'acier. Il résulte de ce qui précède que, même avec le charbon de terre, il faut compter plus de combustible que de minerai.

Pour le charbon de bois, il faut compter 1 poud de charbon de bois et 4 pouds de bois, en tout 5 pouds de combustible, deux fois plus que de minerai. Il est un fait connu: plus la fabrication est primitive, plus il faut employer de combustible. Pour que la production se fasse avec succès, il faut que les usines se trouvent à proximité du combustible. Le minerai peut être emporté au loin, mais il faut avoir le combustible sous la main. La métallurgie des États-Unis et du Donetz fait exception. Ici on

transporte aux usines le minerai et le combustible. Cependant, il est préférable de ne transporter que le minerai seul. Le charbon de terre et le coke ont, dans ce cas, un avantage sur le charbon de bois; ils absorbent moins d'humidité que ce dernier.

Par conséquent, les véritables centres métallurgiques doivent être riches en combustible et posséder du minerai en quantité suffisante dans leurs environs. L'Oural possède l'un et l'autre : il a d'immenses forêts et de bon minerai. Il est grand et très étendu. Du Nord où se trouvent les usines de Koutimsk, au Midi à la montagne Magnite, il y a 750 verstes ($800^{km}, 20$). De l'Ouest, de la rivière Kama, à l'Est, à l'usine Irbitt, 400 verstes ($421^{km}, 4$), à sa partie moyenne et 100 verstes à ses extrémités, ce qui fait une espace de 200 000 verstes carrées. En envisageant cette étendue au point de vue du combustible et non du minerai, nous aurons 1 000 verstes du Nord au Midi et 200-300 verstes de l'Ouest à l'Est aux extrémités et incalculable au centre. De sorte qu'au point de vue de l'industrie du fer, l'Oural métallurgique occupe une surface plus grande que celle de l'empire allemand. Pour faire de cet énorme espace une unité utile il faut des chemins de fer.

Pour répondre d'une façon précise à la question posée, en supposant que la métallurgie de l'Oural ait atteint déjà son maximum, il faut définir plus exactement ce qu'on doit considérer comme l'Oural métallurgique. Au Nord, au delà des usines de Koutimsk, ($60^{\circ} 1/2$), à l'Ouest au delà des usines des Kama-Sud ($25^{\circ} 1/4$), il n'y peut être question actuellement de l'exploitation, malgré les immenses forêts qui se trouvent en cet endroit. Ces pays sont encore peu peuplés et appartiennent à l'avenir. Les frontières de l'Oural métallurgique doivent s'arrêter au Nord à 62° et à l'Ouest à 23° . L'espace compris entre les gouvernements de Perm et de Wiatka ne doit pas appartenir à l'Oural. A l'Est, les limites de l'Oural métallurgique se confondent avec le gouvernement de Tobolsk de la Russie d'Asie. Le district de Bogaslovsk se trouve juste à la frontière du gouvernement du Tobolsk; le pays de Pélhim et les affluents de la Tavda se prêtent admirablement à la métallurgie de l'Oural. C'est ainsi que l'usine Nadiédinsk expédie ses rails et son fer par la Tavda et la Compagnie « Ermak » tente même d'y construire une ligne de chemin de fer. Les parties Ouest et Nord-Ouest de cet immense gouvernement de Tobol, situés entre le 62° et le fleuve Toura, appartiennent à l'Oural métallurgique : elles contiennent 10 millions de diessatines de forêts. Ce pays est desservi par la ligne de chemin de fer de Tioumen, et les habitants de la ville d'Ekaterinbourg reçoivent déjà le combustible de Tobolsk par ce chemin de fer.

Comme étendue de l'Oural métallurgique, il faut comprendre, outre le gouvernement de Perm, le Nord des gouvernements d'Oufim et de l'Oural, où se trouvent les mines très riches en fer : la montagne Magnite, les mines de Komarovsk et celles de Bakalsk. Les districts Zlatouusk, Birsks et Oufim possèdent d'immenses forêts. De plus, le gouvernement d'Orenbourg et la province d'Akmolinsk contiennent des mines de charbon non utilisées encore pour la production de la fonte, de l'acier et du fer. La montagne Magnite, formant la limite inférieure de l'Oural métallurgique, correspond au 53° .

Pour donner un aperçu approximatif de la richesse métallurgique de l'Oural, l'auteur cite seulement les principales mines, visitées et étudiées par l'un de ses collaborateurs M. le professeur Zemiatchensky. Les plus importantes de toutes sont les mines de Kamarovsk. Ces mines contiennent près de 100 milliards de pouds de fer hémanite à 50 p. 100 de fer pur. Le minerai de la montagne Magnite — Fe^3O^6 — est également évalué à plusieurs milliards de pouds. Les mines de Bakolsk, explorées dans les do-

maines d'État, où la contenance en minerai est évaluée à 300 millions de pouds, dans les domaines des usines de Simsk, où on chiffre le minerai à 1 milliard de pouds, dans les mines d'Elénitch 65 millions de pouds, ce qui fait ensemble près de 1 milliard 1/2 de pouds. Par conséquent, au-dessous du chemin de fer Tcheliabine-Oufim, la quantité de minerai exploré est évaluée à 150 000 000 000 de pouds.

Au-dessus de ce chemin de fer, les mines les mieux connues sont les suivantes :

La montagne Vhissokaia, la montagne Blagodatte et les mines de Sinarsky. D'après le professeur Zemiatshensky, il faut compter 1 milliard de pouds pour la première montagne, 80 millions de pouds pour la sconde; il est difficile d'évaluer, même approximativement, la contenance en minerai des mines de Sinarsk. Ici, comme dans quelques mines du Nord-Oural, les mines Bagoslovsk et de Koutinsk, le minerai s'agglomère dans des amas dissiminés, contenant chacun plusieurs millions de pouds : l'évaluation générale devient dans ce cas difficile. Ainsi, le chiffre rond de la quantité de minerai exploré et évalué par les auteurs sera de 150 milliards de pouds. En divisant ce chiffre par 100, on obtient 1 500 millions de pouds de minerai par an, ou bien 600 millions de pouds de fer pur par an. Il est matériellement impossible de compter sur un chiffre semblable, même en se servant de charbon de terre comme combustible.

Si, maintenant, on suppose que la consommation en fer augmente en Russie et que la demande y atteigne le chiffre 300 millions de pouds, le minerai déjà exploré pourrait fournir du fer pour deux cents ans. D'où il résulte qu'à l'Oural ce n'est pas le minerai qui manque, ce sont les chemins de fer, les capitaux et les ouvriers. L'auteur croit même qu'il est très facile de se servir des mines de charbon des environs d'Ekibastouss, en transportant par chemin de fer le minerai de l'Oural à Ekibastouss et nullement l'inverse. Du reste, dans les environs d'Ekibastouss on a trouvé également du minerai, moins riche que celui de la montagne Magnite et des mines Bakalsk.

Il résulte de ce qui précède que, de toutes les conditions déterminant l'avenir de l'Oural métallurgique, le combustible devient le principal agent. Nous venons de citer les mines de charbon d'Ekibastouss. Il y existe en outre des quantités incalculables de tourbe; de nombreuses mines de charbon de terre à l'Est: les mines d'Egorchine, de Kamensk, etc., à l'Ouest; les mines de Kiselovsk, de Luniévsk, etc. Le gouvernement de Tobolsk, contenant 10 millions de diessatines de forêts, peut être considéré, comme une réserve au point de vue du combustible. Il reste comme source combustible les gouvernements de Perm et d'Oufim.

Pour le gouvernement de Perm. . .	19 681 000 diessatines.
— d'Oufim. . .	5 250 000 —

Total. 24,9 millions de diessatines (27,19 millions d'hectares).

Le gouvernement de Perm compte 3 millions d'habitants, celui d'Oufim 2 millions et demi. En supposant que, pour la consommation de ces 5 millions 5 d'habitants, il faille 5 millions 5 diessatines de forêts et 4 millions 5 diessatines pour le surcroît de la population, on obtient que 15 millions de diessatines de forêts peuvent être employées pour la production de la fonte du minerai de l'Oural. Cette étendue de forêts est loin d'être théorique: elle se trouve déjà dans les mains des possesseurs des mines de l'Oural et de l'État, autrement dit, cet immense espace de forêts est, de fait, à la disposition de la métallurgie de l'Oural.

Il s'agit maintenant de savoir combien on peut produire de fonte par an avec cette étendue de forêts. Après avoir montré qu'il ne faut jamais admettre même un com-

mencement d'épuisement des forêts à l'Oural, l'auteur prend pour l'accroissement annuel des forêts de l'Oural, le minimum de 3 saïènes cubes par diessatine. Il est d'usage de compter par saïène cube — 220 pieds cubes de bois, dont la densité sera 0,6 en moyenne. Un pied cube d'eau pèse 28^{kg},3 ou 1 poud 73 ; d'où il suit, qu'un pied cube de bois pèsera en moyenne 1 poud. Un saïène cube pèsera donc 220 pouds et, pour arrondir le chiffre, 210 pouds. Pour l'accroissement annuel, il faudra compter 1/3-70 pouds de bois, bon pour transformer en charbon de bois. Il résulte, que les bois de l'Oural peuvent fournir tous les ans pour l'industrie du fer 1 050 millions de pouds de bois, comme combustible sans s'épuiser.

Nous savons déjà que 4 pouds de bois fournissent 1 poud de charbon — 1057 millions de pouds fourniront 262 millions 5 pouds de charbon de bois. D'autre part, on sait que les hauts fourneaux de Kiselovsk, etc., produisant déjà avec 90 pouds de charbon de bois, 100 pouds de fonte. Par conséquent, les 262 millions 5 de pouds de charbon de bois pourront produire 325 millions de pouds de fonte. L'auteur conclut qu'avec les 15 millions de diessatines de forêts dont l'Oural métallurgique peut disposer à l'avenir, on pourra produire sans aucun inconvénient pour les forêts 300 millions de pouds de fonte tous les ans.

Les produits du fer de l'Oural peuvent-ils devenir meilleur marché et quel prix peuvent-ils atteindre? Le prix de revient dépend du prix du cours, des droits des douanes, du transport jusqu'aux frontières, du transport jusqu'au marché principal, du transport du marché jusqu'à l'usine, du transport jusqu'au lieu de consommation. Comme il est difficile de prédire d'avance le prix du cours dans l'avenir, l'auteur discute seulement le prix relatif, en considérant que les prix de la main-d'œuvre et du transport par les chemins de fer seront les mêmes qu'à présent.

Le prix de revient d'un produit comme le fer, qui ne peut être monopolisé d'aucune façon, se détermine par les quatre facteurs suivants : 1) par le prix du fer en minerai et pris sur place, par exemple, si le minerai contenant 60 p. 100 de fer, vaut 6 kopeks (1) le poud, le fer qu'il contient, vaudra 10 kopeks le poud ; 2) par le prix du coke ou du charbon de bois ; 3) par les intérêts sur le capital d'emprunt nécessaire pour entreprendre l'industrie en question ; et 4) par les salaires des ingénieurs, des ouvriers et des employés. Les deux dernières conditions ne peuvent se discuter en ce moment, surtout en Russie, où les salaires des ouvriers et des ingénieurs sont dérisoires et, par conséquent, subiront l'évolution des États européens. Par contre, les deux premières conditions — le prix du fer en minerai et le prix du combustible — sont parfaitement discutables.

Les minerais sont différents et leur valeur dépend de la teneur en fer, des proportions des substances étrangères et de la qualité de ces dernières. Le soufre et le phosphore rendent le fer et l'acier moins bons ; on les élimine : le premier, en mélangeant le minerai avec le manganèse, le second par les silicates. La présence naturelle du manganèse débarrasse le fer du soufre ; mais l'excès du manganèse nuit au fer et le rend moins bon, en diminuant la quantité du fer pur. Le mélange du minerai avec la roche exige une grande quantité de combustible et du flux. Un peu de cuivre rend le minerai supérieur ; mais, si la proportion du cuivre dépasse les limites, le minerai ne donne plus un bon produit. Il suit que, suivant les proportions des différents produits, le minerai est plus ou moins fusible. Le minerai de Bakalsk est un minerai

(1) 1 kopek vaut environ 2^c,6.

parfaitement convenable, puisqu'il contient une légère quantité de cuivre. D'une façon générale, le minerai de l'Oural est l'un des meilleurs par sa qualité, par les proportions du fer contenu, par son prix et par sa facile fusibilité. Les États européens reçoivent beaucoup de minerai de l'Espagne et payent de 7 à 15 kopecks le poud. Alors que si l'exploitation des mines de fer à l'Oural prend un développement sérieux, le poud de minerai y atteindra 5 kopecks, 1 et demi — deux fois meilleur marché que le minerai de Bilbao. Vu ce bas prix et les richesses immenses des mines de l'Oural, l'éminent savant russe est persuadé que l'avenir de l'Oural métallurgique consistera dans l'exportation du minerai de l'Oural vers les hauts fourneaux européens. Il est certain qu'en employant le minerai de l'Oural, dont la teneur en fer est de 60 p. 100, les métallurgistes européens en tireront un grand profit.

Le prix du combustible dans l'Oural est actuellement au-dessous du prix du combustible en Europe. Ainsi le coke en Angleterre revient à 13, 14, 15 kopecks le poud, même quand le charbon donne 70 p. 100 de coke. Le charbon de bois de l'Oural revient à présent à 12 kop. 5 le poud. Il deviendra meilleur marché : 1) quand l'État mettra à la disposition des métallurgistes les 10 millions de diessatines de forêts de l'Oural et les 10 millions de diessatines de forêts du gouvernement de Tobolsk, améliorera les voies fluviales et construira des chemins de fer; 2) lorsque la carbonisation du bois se fera près des hauts fourneaux, en utilisant pour cela des gaz chauds, éliminés par la carbonisation; et 3) quand la vente du charbon de bois se produira librement. Vu la riche teneur du minerai et le prix inférieur du combustible, pouvant défier toute concurrence européenne, on peut d'ores et déjà affirmer que la fonte doit devenir meilleur marché qu'en Europe. Connaissant les prix de revient du minerai et du combustible, il est facile de calculer les prix de revient de la fonte. Le poud de minerai à 60 p. 100 de fer pur peut atteindre le prix de 6 kopecks. En transformant le minerai en fonte — il faut 1 poud $\frac{2}{3}$ du minerai — le poud de fonte coûtera 8 kopecks $\frac{1}{3}$. Il a été démontré plus haut que, pour obtenir un poud de fonte, il faut dans l'Oural 0,9 de poud de charbon de bois. En admettant pour le prix du poud de charbon de bois 13 kopecks, il faudra compter pour la production d'un poud de fonte 11 kop. 5. Ainsi la somme de prix maximum du minerai de l'Oural et du prix maximum du combustible donnera 8 kop. 3 + 11,7 kopecks = 20 kopecks. En divisant cette somme par 0,71 — 21/71, on obtient, que le poud de fonte de l'Oural reviendra à 28 kop. $\frac{1}{4}$, alors qu'actuellement le poud de fonte aux États-Unis revient à 35 kop. $\frac{1}{4}$. Les statistiques prouvent qu'en Amérique le prix du poud de fonte a considérablement baissé depuis vingt ans, depuis que la métallurgie y prit de l'extension. Il y a vingt ans, le poud de fonte coûtait 85 kopecks; en 1889 il revenait à 50 kopecks, en 1897 il tomba même à 31 kopecks. La même évolution est tout à fait possible pour l'Oural, où le prix de la fonte descendra au-dessous du prix calculé. De même, pour le fer et l'acier, dont le prix est proportionnel aux variations du prix de la fonte. Lorsque cette dernière vaudra 30 kopecks le poud le prix du fer et de l'acier sera de 65 à 70 kopecks le poud. Actuellement la fonte de l'Oural vaut de 50 à 65 kopecks; les rails d'acier valent 1 rouble 15 kopecks le poud.

La production du fer et de l'acier doit dériver de la production de la fonte. Tel est l'avis de tous les techniciens connus, telle est également l'opinion de M. Mendeléeff, qui considère la production de la fonte comme le point de départ de la métallurgie du fer. Cette production, pour être avantageuse, doit se faire à l'Oural même et avec le charbon de bois local.

Ainsi, il résulte de ce qui précède que le prix du poud de fonte de l'Oural, qui varie à présent entre de 45 et 65 kopecks, — 55 kopecks en moyenne, — peut tomber à 28 kopecks en moyenne. Les rails coûtent en ce moment dans l'Oural 1 rouble 10 kopecks — 1 rouble 20 kopecks le poud. Mais, grâce à l'application raisonnée des procédés Bessemer et Martin, ils peuvent certainement valoir 60 à 80 kopecks le poud. Le fer en tôles vaut actuellement dans l'Oural 2 roubles 10 kopecks — 2 roubles 50 kopecks le poud ; dans l'avenir, ce fer vaudra 1 rouble 40 kopecks le poud.

Cette baisse de prix des produits de la métallurgie de l'Oural n'est possible qu'avec les améliorations nécessaires et urgentes, comme, par exemple, la construction des chemins de fer, la suppression des nadiels, etc.

Quelles mesures gouvernementales pourront concourir à activer le développement de la métallurgie de l'Oural et quel rôle peuvent jouer dans ce concours les usines et les forêts d'État ? L'auteur est d'avis que les usines d'État doivent être dirigées par le ministère des finances et appartenir au département des mines et non pas au ministère des biens de l'Empereur. Mais, avant tout, il faut protéger la création de la métallurgie privée ; on pourrait avoir des inspecteurs d'État pour surveiller le contrôle dépendant du ministère des finances. Il faut favoriser et encourager les petites entreprises, qui rendent souvent de grands services, alors qu'à présent, dans l'Oural, le département des mines entrave la création d'entreprises peu considérables. Pour que la métallurgie de l'Oural prospère, il faut que l'État finisse une fois pour toutes la situation des paysans, en leur rendant définitivement leurs terres. Les paysans deviendront forcément les ouvriers des usines, surtout le long de la chaîne de l'Oural, où l'agriculture est impossible. En développant l'industrie du fer, on augmentera par ce moyen le nombre des ouvriers. Pour activer cette industrie et la conduire rationnellement, il est d'urgence de fonder, pour l'immense Oural métallurgique, une école supérieure : *Institut métallurgique de l'Oural*. A côté de cette école supérieure, l'éminent chimiste russe propose de créer des écoles professionnelles, dont le rôle sera de préparer des contremaîtres, des hommes qui ne seront point les premiers venus dans l'industrie du fer, et dont le besoin se ressent vivement dans l'Oural. Enfin le devoir de l'État se trouve dans la nécessité de la construction des chemins de fer et d'autres voies de communication. Il est inutile de parler ici de l'utilité des chemins de fer et des voies de transport pour les pays métallurgiques. Et, pour mieux assurer le transport des marchandises, provenant de la production de l'Oural, l'auteur demande la construction de lignes qui mettront l'Oural en relation directe avec les autres lignes de chemins de fer russes, afin qu'on puisse transporter facilement le minerai dans les lieux où le combustible se trouve en abondance. Ceci exige des lignes de chemins de fer réunissant l'Oural avec les centres de charbonnage.

Outre le Transsibérien, qui traverse l'Oural dans sa partie méridionale et réunit les usines de Miniarsk, d'Oust-Katavsk et de Zlatoousk, il y existe déjà quelques réseaux de chemins de fer, qui ont pu rendre de grands services aux métallurgistes. Ce sont : la ligne qui réunit Ekaterinbourg à Tcheliabinsk, le chemin de fer de Tioumen et le chemin de fer Perm-Katovsk. Mais, ces lignes ne sont pas suffisantes et pour que l'industrie du fer prenne le développement calculé et prédit par l'éminent savant, il faut construire le plus tôt possible les lignes suivantes, appelées par l'auteur les magistrales : le chemin de fer de Tobolsk, la ligne de Magnite, le chemin de fer de Khischtimsk et le réseau d'Egorchin.

Le chemin de fer de Tobolsk, l'un des plus importants, doit commencer par la ville de Kouchvy, passer par la Verkhotourié et la Tavda et atteindre la ville de Tobolsk, en traversant par les forêts d'État. Ce chemin de fer pourra ainsi transporter du gouvernement de Tobolsk le combustible vers les mines. Du reste, l'importance de cette ligne se faisait sentir déjà à maintes reprises et, comme nous le disions plus haut, la compagnie « Ermak » s'est proposé de construire le chemin de fer en question. L'auteur est d'avis que cette ligne doit appartenir à l'État et devenir accessible pour tout le monde. Cette ligne de chemin de fer aura encore une autre importance commerciale, car elle mettra la ville de Tobolsk, située sur l'embouchure du Tobol, dans l'Irthich, près de l'embouchure de cette dernière, dans l'Obe, en relation avec l'Europe, dont elle est en ce moment presque isolée. En outre, il faut signaler ici la présence des mines de charbon si peu connues et qui se trouvent sur les courants de l'Irthiche. Par conséquent, la ligne de chemin de fer de Kouchvy à Tobolsk rendra un énorme service à la ville de Tobolsk et concourra activement au développement de la métallurgie de l'Oural, en permettant d'utiliser les riches ressources de combustible du gouvernement de Tobolsk.

Le chemin de fer Magnito-Perm doit servir au transport du minerai de la partie inférieure de l'Oural au Nord, où est accumulé le combustible. Il doit traverser les usines de Belorétzk et Artinsk, dépendant des mines de Bakalsk, en desservant ainsi le versant ouest de l'Oural, peu développé au point de vue industriel. Plus à l'est existe déjà une ligne de chemin de fer, celle d'Ekaterinbourg-Tcheliabinsk.

La ligne d'Omsk-Khichtymsk formera un embranchement à la ligne précédente.

Elle a été du reste proposée plusieurs fois. L'utilité de cette ligne est indiscutable : elle réunira l'Europe avec la Sibérie et les steppes des Kirghises, deviendra ainsi un suppléant au Transsibérien et servira à l'écoulement des produits de la métallurgie et de l'Ouest de la Sibérie.

Le réseau d'Egorchine réunira les mines de charbon de cette localité avec l'Irthich, en passant par les usines de Kamensk et se terminera à la ligne de chemin de fer d'Omsk-Khichtym. Par ce chemin de fer, on pourra transporter le charbon et le coke d'Egorchine vers l'Oural.

D'après l'auteur, ces quatre chemins de fer permettront à l'Oural d'atteindre la situation qu'il doit occuper comme l'un des principaux centres métallurgiques du monde entier.

Les usines d'État constituent, suivant M. Mendeléeff, un obstacle puissant au développement progressif de la métallurgie : elles ne produisent presque rien et empêchent la libre concurrence. L'avenir de l'Oural exige la suppression pure et simple de ces usines, qui n'ont rien apporté à l'État et qui lui coûtent cher. C'est surtout dans la partie centrale de l'Oural que se trouvent les riches mines d'État, qui jouissent du triste privilège d'entraver la marche progressive de l'industrie métallurgique. Au Nord et au Sud, là où la métallurgie s'était concentrée dans les mains des particuliers, la production prospère et concourt à entretenir le vieux renom de l'Oural. Les usines de l'Oural connues : de Bagoslowsk, d'Oufoleysk, de Volga-Vichersk, de Volga-Oural, de Kamensk, etc., se trouvent dans les parties nord et sud de l'Oural. Le centre est occupé par les usines d'État. L'auteur demande qu'on cède ces usines aux particuliers, et alors le centre de l'Oural ne tardera pas à occuper le rang que lui a tracé la nature même.

En ce qui concerne les mines d'État, il est d'avis que l'État reste leur seul pro-

priétaire. Par ce moyen, l'État deviendra la réserve pour l'initiative privée et les petits industriels. C'est un moyen d'anéantir le monopole des gros métallurgistes et d'empêcher les syndicats métallurgistes de monter le prix du minerai. On pourrait même établir préliminairement un prix ou plutôt un maximum de prix pour cinquante ans en exigeant un tant pour cent par poud de minerai extrait ou de fer produit.

Les forêts d'État doivent subir le même sort : elles doivent appartenir à l'État au moins cent ans. L'État en possède au moins 20 millions de diessatines, ce qui formera une belle réserve de combustible.

Les forêts doivent rester plus ou moins intactes ; il faut éviter de les mettre à la disposition de l'agriculteur, qui abat les forêts pour pouvoir labourer. Grâce à l'accroissement progressif dont nous avons indiqué le principe plus haut, les forêts pourront conserver leur autonomie et constituer ainsi une nouvelle source de revenus pour l'État. A ce sujet, l'auteur propose de louer les forêts pour un laps de temps déterminé. On pourra prendre 1 rouble par saïène cube de bois dans les lieux situés tout près des chemins de fer et diminuer ce prix au fur et à mesure qu'on s'éloigne des voies ferrées.

Pour les grands métallurgistes ayant besoin de grandes quantités de combustible, on pourrait leur faire des concessions pour des époques plus ou moins variables.

Voici l'ensemble des mesures, que l'État doit prendre pour concourir fructueusement au développement de la métallurgie de l'Oural. Ces mesures deviennent indispensables et on peut dire que de leur promptitude dépend l'avenir de l'Oural métallurgique.

Voici comment M. Mendeléeff termine ses conclusions : « Si l'État accomplit les quelques mesures nécessaires indiquées plus haut, nous verrons que l'Oural pourra fournir de fer et d'acier l'Europe et l'Asie à un prix de beaucoup inférieur à ceux actuellement admis en Europe. » L'auteur croit que, pour accomplir les mesures proposées par lui, il ne faut pas plus de deux ou trois ans ; il est persuadé, que, cinq ans après l'établissement du nécessaire, l'Oural pourra déjà fournir ses produits au bas prix. La conviction de l'éminent chimiste s'est fondée sur les richesses inépuisables des mines et des forêts de l'Oural. M. Mendeléeff nous a recommandé tout particulièrement les mines de Komorowsk, citées plusieurs fois dans le courant de cette analyse. Ces mines, d'une richesse estimée à 100 milliards de pouds, furent étudiées et explorées par le professeur M. Zemiatchensky. Elles sont situées à 28-30 verstes de l'usine Avziano-Petrovsk supérieur de la Société Oural-Volga. A partir de la 18^e verste, on rencontre des schistes. Plus tard, on rencontre des galets de fer cristallisé. La masse est formée d'hydrate de fer-lignonite. Il existe ici quelques maisonnettes de paysan, du directeur, une pharmacie, et le tout produit l'impression de gens enfouis dans le fond de la forêt noire. Le minerai est extrait à ciel ouvert dans les gisements qui sont situés le long de la rivière Kara-bia. Cette dernière a 190 saïènes de long et de 20 à 50 de large.

Les gisements sont épais, formés de fortes couches de fer — hématite brune — mélangé avec des schistes. Le minerai de Kamarovsk fournit, après grillage, de 78 à 85 p. 100 d'oxyde de fer. Il contient 7 p. 100 de silicates — 0,027 p. 100 de phosphore — et 0,787 p. 100 de MnO. Le gisement qui s'exploite actuellement a 1 verste de long et 20 saïènes d'épaisseur. L'endroit est peu ou presque pas peuplé.

P. KOUINDJY.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUILLET 1900

Précis historique descriptif analytique et photomicrographique des végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier, par MM. Rostaing et du Iert. In-4°, 79 p., 50 pl. Bureau du journal *Le Papier*, 63 rue de la Victoire. (Voir page 97).

Carnet du chauffeur. Aide-mémoire de l'automobile, par M. de La Valette. In-18, 300 p. Paris, Rueff.

Annali di Laboratorio chimico centrale delle Grabelle. Vol IV, in-8°, 530 p. Rome, typographie elzévirienne.

Étude sur la capacité des wagons de marchandises, par MM. Briard et Schoeller. Brochure In-8°, 91 p. (Extrait du *Bulletin du Congrès des chemins de fer*.)

Les richesses minérales des colonies françaises, par M. E. Pelatan. In-8°, 33 p. (Extrait de la *Revue universelle des mines*.)

The J. Crear Library. Fifth. Annual Report, 1899. In-8°, 37 p. Chicago.

Manuel pratique de l'agriculteur algérien, par MM. Rivière et Lecq. In-8°, 1 144 p. Paris, Challamel.

De la Bibliothèque du conducteur de travaux publics. Topographie, par MM. Prévot et Roux. Livre II, *Méthodes*. In-8°, 572 p., 263 fig. Paris, Dunod.

Le Philothion ou hydrogénèse, par M. J. de Rey-Pailhade. In-8°, 30 p. Toulouse, imprimerie Lagarde et Sébille.

Concours de moteurs de La Locomotion automobile, par M. G. Sensier. In-8°, 110 p. Paris, Dunod.

La traction mécanique sur rails et sur routes pour les transports en commun (Extrait des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France*) par MM. Périssé et Godfernaux. In-8°. 196 p., 2 pl. Paris, Dunod.

L'industrie chimique en Allemagne, par M. J.-Trillat. In-18, 485 p. Paris, J.-B. Baillière.

The Inidikil System. A decimal System of Weights and Measures for the English speaking People, par M. A. Lincoln Hyde. In-8°, 13 p. Chez l'auteur à Cleveland (Ohio).

De M. Haton de la Goupillière. Programme des cours de l'École nationale supérieure des mines et Catalogue de la Bibliothèque, 3 vol., In-8°. Imprimerie nationale.

De M. Ronna. Rothamsted, un demi-siècle d'expériences agronomiques de MM. Lawes et Gilbert, par M. A. Ronna. In-8°, 605 p. Paris, librairie agricole, 26, Rue Jacob.

De M. Casalonga. Life of Clerk Maxwell, par MM. Campbell et Garnett. In-8°, 420 p. Londres, Mac Millan.

Atti del Reale Istituto d'Incoraggiamento de Napoli, 5^e Série. Vol. I, 1899. In-4°. 500 p. et atlas. Naples, typographie coopérative.

Catalogue de la bibliothèque de la Société nationale d'Horticulture de France, par M. G. Gibault. In-8° 154 p. Paris, imprimerie Marétheux.

Du ministère de l'Agriculture de l'Italie, Statica degli Sciopera avvenuti Nel Industria e Nel l'agricultura (1898). In-8°, 130 p. Rome, typographie nationale.

De M. Vermorel. Étude sur la grêle et Note sur l'emploi des sulfures de carbone en grande culture. 2 brochures aux bureaux du *Progrès agricole et viticole*. Montpellier.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juin au 15 Juillet 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo-
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>Pc.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille écon. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rcp.</i> Revue générale de chimie pure
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	et appliquée.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer
élèves des écoles des arts et	et tramways.
métiers.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
Industry (London).	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
Sciences.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La-	<i>Rt.</i> Revue technique.
bor, des États-Unis.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de
<i>Dp.</i> Dingler's Polytechnisches Journal.	la métallurgie.
<i>E.</i> Engineering.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>E'.</i> The Engineer.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	(Bulletin).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri-
<i>Ef.</i> Économiste français.	ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in	de Mulhouse.
Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute	France (Buletin).
(Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de légis-
<i>Ge.</i> Génie civil.	lation.
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SVA.</i> Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> Industrie minière de St-Étienne.	<i>USR.</i> Consular Reports to the United
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> La Nature.	Ingenieure und Architekten-Ve-
<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.	reins.

AGRICULTURE

- Agriculture française à l'Exposition.* E. 29 Juin, 839.
 — *Nouvelle (la) (Vergellé).* Rs. 14 Juillet, 33.
Bétail. Prix de la viande comparé à celui du bétail. Ap. 12 Juillet, 46.
 — Emploi des betteraves dans son alimentation. Ag. 14 Juillet, 69.
Blé. Question du. Ef. 14 Juillet, 41.
Beurres. Importation en Angleterre (Loverdo). SNA. Mai, 331, et acide borique. Ap. 5 Juillet, 14.
Cartes agronomiques de l'arrondissement de Bernay. INA. Mai, 370.
Caoutchouc. Culture au Guatemala. Rs. 30 Juin, 808.
Défoncements à l'électricité. Ag. 28 Juin, 927.
Engrais. Famure des arbres fruitiers. Ap. 16 Juin, 942.
 — Sol brûlé par la chaux, retour à la fertilité normale. SNA. Mai 393.
École d'agriculture de Rennes. Ap. 5, 12 Juillet, 20, 53.
Houes à vapeur Cooper, Darby. E. 22 Juin, 816.
Machines agricoles à l'Exposition. Allemagne. Ap. 14 Juin, 855. Hongrie. Id. 50.
Mûrier (le). JAF. Juin, 705.
Osier. Culture en sol marécageux. Ag. 28 Juin, 930.
Pomiculture. Son enseignement et l'industrie du cidre en France. SNA. Mai, 346.
Poules. (Choléra des) Ap. 21 Juin, 891.
Prairies. Ensemencement en sol tourbeux sous un climat froid. Ap. 14 Juin, 854.
Tabac. Écimage. Ap. 28 Juin 927.
Vignes. Préservation des vignes, gelées printanières. Ag. 7 Juillet, 27.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer** à l'Exposition. Rgc. Juin, 501; EF. 14 Juillet, 43.
 — Courcelles-Champ-de-Mars. Gc. 7 Juillet, 161.
 — anglais. Accidents en 1898. Rgc. Juin, 643.
 — indiens. E'. 15 Juin, 608.
 — russes depuis l'origine. Rgc. Juin, 628.
 — métropolitain de Paris. Pm. Juin, 82.
 — Tamatave-Tananarive (Bel). IC. Juin, 616.

Chemins de fer. État français à l'Exposition.

- E. 13 Juillet, 39.
 — *électriques.* Burgdorf-Thun. EE. Juin, 503.
 — Electrical Power Storage Co. Élé. 7 Juillet, 9.
 — — central London. E. 29 Juin, 857; Rgc. Juin, 653.
 — — Soins à donner aux accumulateurs. Élé. 7 Juillet, 10.
Frein à air comprimé. Lipkowski. APC. 1900, n° 8.
Locomotives françaises actuelles (Sauvage). E. 29 Juin, 847; du chemin de fer de l'État à l'Exposition. E. 6 Juin, de l'Est. E'. 6 Juillet, 2; de l'Ouest. E'. 13 Juillet, 27.
 — américaines en Europe. Dp. 16 Juin, 376.
 — Allemandes à l'Exposition. Ic. Juin, 337, 353.
 — Express du Caledonian. R. E. 15 Juin, 770.
 — Great Northorn irlandais. E. 6 Juillet, 15.
 — Foyers du Southern Pacific. Bm. Juin, 734.
 — Graissage des locomotives américaines (Oudet). Rgc. Juin, 614.
 — (Levage) des par verrins électriques. Rgc. Juin, 676.
 — Surchauffeur Smith. Rm. Juin, 753.
Matériel roulant. Coussinets. Moyens d'éviter le chauffage (Job). Fi. Juin, 439.
 — Wagon-salon pour le gouvernement égyptien. E'. 29 Juin, 663.
Rails d'acier (Détérioration des). E. 18 Juillet, 55.
 — Aux États-Unis (Hunt). E. 13 Juillet, 69.
Signaux. Block-system électrique Krinik. EE. 7 Juillet, 5.
 — de l'État belge. Rgc. Juin, 601
 — Contrôleur automatique Meerger. E. 15 Juillet, 39.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles.** La locomotion sur routes.
 Course des 1 000 mètres. E. 6 Juin, 35.
 — Électriques (Les). La. 28 Juin, 401; Meynier et Legros. La. 12 Juillet, 438.

Automobiles. A vapeur, Wagon-basculé Thornycroft. *E'*. 13 *Juillet*, 31.

— A pétrole New-Orleans Daimler. *E'*. 15 *Juin*, 625; Rochet. *La*. 5 *Juillet*, 122.

— Divers (Gudner). *VDI*. 23 *Juin*, 797; 14 *Juillet*, 905.

— Locomotive Panhard-Levassor *E*. 6 *Juin*, 7.

— Changement de vitesse Waché et Krieger. *La*. 28 *Juin*, 407.

— Frein réversible Henriod. *La*. 21 *Juin*, 393.

Locomotives routières Compound Clayton. *E*. 15 *Juin*, 777; Alveling et Porter. *E'*. *Juin*, 652.

Plate-forme roulante de l'Exposition. *E*. 22 *Juin* 807.

Tramways électriques. (Électrolyse dans les). *CC*. 16 *Juin*, 432; remplaçant ceux à vapeur. *Rgc*. *Juin*, 672.

— Soudure autogène des rails (Harrington). *Fi*. *Juin* 401.

— du bois de Vincennes, annexe. *KE*. 23 *Juin*, 447.

— à caniveau latéral à Paris. *Rgc*. *Juin*, 666.

— (Multiplication des) *Ef*. 14 *Juillet*, 49.

— Électrolyse des conduites d'eau. *Ic*. 10 *Juillet*, 215.

— dans Paris et sa banlieue en juin 1900. *Rgc*. *Juin*, 658.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène (Noir d') et ses dérivés (Hubon). *IC*. *Juin*, 680.

— Combinaison cristallisée avec le chlorure cuivreux et le chlorure de potassium (Chavastalon). *CR*. *Juin*, 1764.

— Hydrogénation en présence du fer et du cobalt réduits (Sabatier et Senderens). *CR*. 11 *Juin*, 1628.

— Action sur le chlorure cuivreux dissous dans une dissolution de chlorure de potassium (Chavastalon). *CR*. 11 *Juin*, 1634.

— épuration la Frankoline (Pignet). *Rcp*. 20 *Juin*, 459; par l'acide chromique. *CN*. 22 *Juin*, 298.

— Lampes diverses. *Dp*. 30 *Juin*, 415.

Alcools. (Acidité des) (de Forcrand). *CR*. 25 *Juin*, 1740.

Acides carbonique liquide du commerce (Thomas). *Ms. Juillet*, 466.

— formique anhydride mixte (Behal). *ACP. Juillet*, 411.

— sulfurique. Formation (Lœn et Meyer). *Ms. Juillet*, 434, 438.

— hyposulfureux, état actuel de l'industrie (Berthsen). *Rcp. Juin*, 452.

— azotique. Formation dans la combustion de l'hydrogène (Berthelot). *CR*. 18 *Juin*, 1677.

— perchlorique. *Cs*. 31 *Mai*, 462.

— chromique, régénération des matières résiduelles à oxyde de chrome. *Ms. Juillet*, 460.

Arséniure de nickel (Granger et Didier). *ScP*. 20 *Juin*, 506.

Atmosphère. Gaz combustible dans l'air des villes (Gautier). *CR*. 18 *Juin*, 2 *Juillet*, 1617, 13.

Brasserie. Divers. *Cs*. 31 *Mai*, 456, 30 *Juin*, 549. Nature du résidu non fermentescible des bières. *Id*. 45.

— Lavage des tonneaux. *Id.*, 458.

— Diastase protéolytique du malt (Tripet). *CR*. 25 *Juin*, 1783.

Bore. Poids atomique véritable (Henrichs). *CR*. 18 *Juin*, 1713.

Carburendum. Fabrication Cowles. *Eam*. 9 *Juin*, 676.

Caoutchouc à l'Exposition. *E*. 14 *Juillet*, 57.

Brome. Densité des vapeurs aux hautes températures. Perman et Atkinson. *CN*. 15 *Juin*, 277.

Céramique. Température de fusion des silicates de fer (Hofman) *Technology Quarterly. Mars*, 41.

Cellulose. Nouvelles industries (Little). *Technology Quarterly. Mars*, 12.

Acidité. Théorie générale (de Fourcrand). *CR*. 2 *Juillet*, 36.

Centres thermiques de stabilité dans les composés (Martin). *CN*. 29 *Juin*, 301.

Chaux et ciments. Divers. *Cs*. 31 *Mai*, 443; 30 *Juin*, 537.

Acide carbonique liquide. Densité (Amagat). *CR*. 9 *Juillet*, 91.

Chrome. Sulfate chromeux ammoniacal (Laurent). *CR*. 9 *Juillet*, 111.

Courbes de stabilité. Pointes anguleuse (Le Chatelier). *CR*. 11 *Juin*, 1606.

- Cyanures de cobalt** (Miller et Matheros). *CN.* 15 Juin, 279.
- Dextrose et Levulose** dans les feuilles de betterave (Lindet). *ScP.* 20 Juin, 544.
- Diffusion statique du gaz** et des liquides, leur rôle dans les plantes (Brown et Escombe). *CN.* 21 Juin, 289.
- Eaux alimentaires.** Stérilisation (Bergé). *IC.* Juin, 601.
- Action du charbon de bois sur les matières organiques des eaux (Malméjac). *Pc.* 1^{er} Juillet.
 - Filtre-presse Wilson. *E.* 14 Juillet, 63.
- Égout** (Épreuve de la pureté des eaux d') par aération (Delbin et Thudicum). *Cs.* 30 Juin, 497.
- Incinération des ordures ménagères à San-Francisco. *Gs.* 14 Juillet, 190.
 - Traitement bactériologique (Barrison). *Cs.* 30 Juin, 511.
- Essences et parfums.** Divers. *Cs.* 31 Mai, 462; 30 Juin, 552; *Ms.* Juillet, 434-454.
- — Essences de jasmin. *Ms.* Juillet, 434.
 - — Huiles essentielles du cresson. *Id.*, 450.
 - — de néroli et de petit grain. *ScP.* 5 Juillet, 605.
 - — Essence de bourgeons de peuplier. *Id.*, 452.
 - — de violette. *Cs.* 30 Juin, 554.
- Explosifs.** Divers. *Cs.* 31 Mai, 446, 30 Juin, 559.
- Expériences sur des explosifs nouveaux (Alvisi). *CN.* 15 Juin, 279.
- Gaz** (Viscosité des), et les températures (Rayleigh). *CN.* 6 Juillet, 1.
- Gaz d'éclairage.** Détails d'appareillage. *E'.* 15 Juin, 627.
- Gaz de Londres. *E'.* 13 Juillet, 25.
 - Composition des coaltars américains. *Cs.* 30 Juin, 509.
- Hydrogène.** Peroxydes supérieurs. *Ms.* Juillet, 421.
- Industrie chimique** à l'Exposition. Industrie allemande (O. de Witt). *Rcp.* Juillet, 9.
- Progrès dans l'Est de la France (Guillet). *Gc.* 30 Juin, 146. 7, 14 Juillet, 172-186.
- Iodures mercureux** et mercuriques cristallisés. Moyen de les obtenir directement (Bodroux). *ScP.* 3 Juillet, 385.
- Laboratoires.** (Notes de) (Camp). *CN.* 6 Juillet, 8.
- Analyses mécaniques des sols sous-marins (Toulet). *AM.* Avril, 401.
 - des aciers (Bibliographie). *CN.* 13 Juillet, 18.
 - Nécessité d'uniformiser certains procédés (Burford). *Cs.* 51 Mai, 430.
 - Divers. *Cs.* 31 Mai, 468 ; 30 Juin, 560.
 - Dosage du plomb par électrolyse dans le sulfate et les chlorures. Application à l'analyse des verres plombés et des chromates de plomb (Marie). *IeP.* 20 Juin, 563.
 - — gazométrique des nitrites en prismes des nitrates (Gailhat). *Pc.* 1^{er} Juillet, 9.
 - — du mercure par le thriosulfate de soude (Norton). *American Journal of Science*, Juillet, 48.
 - Analyse des matières sucrées (Halphen). *Pn.* 1^{er} Juillet, 12.
 - — Minérales. Interprétation des (Penfield). *American Journal of Science*. Juillet, 19.
 - — de l'acide nitrique (Gelder). *Cs.* 30 Juin, 508.
- Liquéfaction des mélanges gazeux**, chlorure de méthyle et anhydride sulfureux (Cauwet). *CR.* 9 Juillet, 108.
- Loi périodique** (Huit groupes de la) (Howe). *CN.* 13 Juillet, 15.
- Mercure.** Tensions de la vapeur saturée (Cailletet, Collardeau et Rivière). *CR.* 11 Juin, 1583.
- Nitrate de soude.** Industrie au Chili (Newton). *Cs.* 31 Mars, 408.
- Perfectionnements de sa fabrication (Welch). *Cs.* 30 Juin 501.
- Optique.** Microscopes modernes (Desney). *N.* 14 Juin, 154.
- Diocinescope Clermont. Huet. *Ln.* 23 Juin, 59.
 - Spectroscope. Notes de Piazzzy Smith. *N.* 14 Juin, 161.
 - pouvoir réflecteur des miroirs métalliques et de verre métallisé. *E.* 22 Juin, 803.
- Papier.** Problèmes de sa fabrication (Lewson). *Ms.* Juillet. 462.
- Matériaux résiduels des fabriques. Nature et composition (Menzies et Aitken). *Id.*, 463.

- Pétrole.** Divers. Cs. 31 Mai, 429.
— Composition des (Mabery). Cs. 30 Juin, 502, 525.
- Photographie** à l'Exposition. Ms. Juillet. 429.
— Sensibilité de l'argent à la lumière (Waterhouse). CN. 6, 13 Juillet, 1, 13.
— Divers. Cs. 30 Juin, 557.
- Platine** (mousse de) l'influence sur la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène (Frank). CN. 22 Juin, 292.
- Phosphore.** Transformation en arsenic (Fittica). Rep. 20 Juin, 449.
— (Winkler). CN. 29 Juin, 304.
— (Oxydes inférieure du). ScP. 5 Juillet, 577.
- Polysulfures de plomb et de cuivre.** ScP (Rodroux). 20 Juin, 501.
- Poids atomiques** de 10 éléments (Hinrichs). CR. 2 Juillet, 34.
- Résines et vernis.** Divers. Cs. 31 Mai, 451; 30 Juin, 545.
- Sélénures de fer** (Fonze Diacon). CR. 18 Juin, 1710; de manganèse (Id.) ScP. 20 Juin, 503.
- Silex fondu.** Dilatation (Le Chatelier). CR. 18 Juin, 1703.
— Perméabilité pour l'hydrogène (Villard). CR. 25 Juin, 1752.
— Résistance aux variations brusques de température (Dufour). CR. 25 Juin, 1753.
- Tannage.** Divers. Cs. 31 Mai, 543. 30 Juin. 546.
- Teinture.** Formaldéhyde. Emploi dans l'impression du calico (Kay). Cs. 31 Mai, 422.
— Divers. Cs. 31 Mai, 430, 437; 30 Juin, 526, 532; Ms. Juillet, 145; MC. 1^{er} Juillet, 219, 234.
— Progrès en 1899. Id., 217.
— Rosaniline, dissolution dans l'alcool amylique. MC. 1^{er} Juillet, 209.
— Théorie de la teinture par dissolution et les bases colorées de triphényl méthane. MC. 1^{er} Juillet, 210.
— Diastases et matières colorantes (Nicolle). MC. 1^{er} Juillet, 212.
— Nouvelles matières colorantes à fonctions acides. MC. 1^{er} Juillet, 216.
- Terres rares** de la monazite (Dupont). Rep. 20 Juin, 455.
- Thermomètres** à résistance de platine (Les). EE. 14 Juillet, 80.
- Titane.** Analyse des minerais de fer titanifères (Baskerville). Cs. 31 Mai, 419.
- Uranium** (Rayonnement de l') (Becquerel). CR. 11 Juin, 1583.
— Crookes. RsL. 9 Juillet, 409.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Accidents aux gens de mer** (Responsabilité des). Ef. 16 Juin, 829.
- Allemagne** à l'Exposition. Rso. 16 Juin, 957.
— Coopération, agriculture, crédit. Ef. 7 Juillet, 4.
- Chine.** Avenir industriel. E. 15 Juin, 785.
— Commerce extérieur en 1899. SL. Juin, 636.
— Éléments scientifiques de sa transformation (Hess). Rgds. 30 Juin, 775.
- Chômage,** remèdes généraux et spéciaux. Ef. 16 Juin, 825.
— Après l'Exposition. Ef. 23 Juin, 861.
- Concurrence américaine.** E'. 15 Juin, 619.
— Internationale et l'industrie. E. 6 Juin, 49.
- Diamant** (Industrie du) à Amsterdam. Ef. 23 Juin, 869.
- Impôt (L') sur le petit nombre.** Ef. 23 Juin, 863.
- Grèves des mécaniciens** aux États-Unis. EM. Juillet, 518.
- Japon** (Commerce du). E. 6 Juillet, 22.
- Maisons ouvrières** des grandes cités aux États-Unis (Escard). Rso. 26 Juin, 927.
- Marchés à termes** (Les). Ef. 23 Juin, 864.
- Musée Social** (Organisation et services du). Musée social. Avril.
- Primes à l'Exposition du blé.** Ef. 30 Juin, 908.
- Retraites ouvrières** dans les charbonnages du centre (Reng). Rc. Juin, 276.
- Octrois en France** (Les). Ef. 23 Juin, 871.
- Société civiles des retraites.** Corrections nécessaires de leurs procédés. Ef. 23 Juin, 867.
- Sucre de betteraves** (Industrie du) 1800, à 1900. Ef. 16 Juin, 827.
- Tunisie.** Question arabe. Ef. 7 Juillet, 7.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Ciment armé.** Toitures, coupoles. Le Ciment. Juin, 81.
— Tunnel de Boston. Id., 87.

Égouts. Grands collecteurs de Dijon. *APC.* 1900, n° 1.

Exposition. Palais de l'horticulture. *Gc.* 23 Juin, 125.

- Pavillon du Creusot. *Gc.* 30 Juin, 141.
- Passerelles. *Gc.* 7 Juillet, 176.

Fondations à air comprimé. Emploi d'injections de ciment (Caméré). *APC.* 1900, n° 14.

Machines à dresser les routes. Hogg. *E'*. 29 Juin, 676.

Ponts. Reconstruction du pont de Norvals sur l'Orange. *E.* 15 Juin, 769.

- Alexandre-III (Régal et Alby) *APC.* 1900 n° 5.
- de l'Oued Endya. *Gc.* 16 Juin, 112.
- allemands au XIX^e siècle, *VDI.* 23 Juin, 803; 14 Juillet, 911.
- tournant de 33 mètres. Chicago River, *Gc.* 23 Juin, 131.
- sur la Vienne, à Châtelleraut, en béton armé. *Ac.* Juin, 82.

Routes nationales. Aménagement et entretien par rechargement cylindrés (Perrin). *APC.* 1900, n° 9.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Commelin et Viau à gaz. *EE.* 23 Juin, 454. Champagne. *EE.* 30 Juin, 499. Union. *Élé.* 23 Juin, 391.

- Théorie Dolzalek. *EE.* Juin, 498.
- (Recherches sur les) : emploi d'une électrode supplémentaire (Jumais). *EE.* 14 Juillet, 59.

Commutateurs (Les) (Meyer). *EE.* 7 Juillet, 97.

Conductibilité des métaux. Influence de la pression (Lussona). *EE.* 16 Juin, 421.

- des fils métalliques et leurs modifications permanentes (Chevalier) *CR.* 11 Juin, 1612.

Courants de capacité dans les lignes polyphasées symétriques et leur représentation graphique (Guye). *EE.* 16 Juin, 408.

Dynamos. Rôle des régulateurs de vitesse dans la marche en parallèle des alternateurs (Chevrier). *EE.* 16 Juin, 416.

- Continue à deux enroulements indépendants Weston (essai). *EE.* 7 Juillet, 28.
- Fuites magnétiques dans les inducteurs et alternateurs à champ tournant. *IC.* 25 Juin, 255.

Dynamos. Alternateur Gramont, compoundage Hutinet Leblanc. *IC.* 25 Juin, 249.

- Sulvateur pour courants triphasés. *IC.* 10 Juillet, 281.

— Moteurs d'induction (Mode d'essai des) (Heyland). *EE.* 7, 14 Juillet, 17, 49.

Eau oxygénée. Chaleur de dissolution (de Forcrand). *CR.* 11 Juin, 1620.

Éclairage du port de Bordeaux (Meunier). *APC.* 1900, n° 6.

Arc. Lampe Hackl. *EE.* 16 Juin, 431.

Incandescence les lampes à. Rendement (Willcox). *Fi.* Juin, 419.

- Lampes de 500 volts. *Élé.* 20 Juin, 393.
- Suppression du culot. *Élé.* 7 Juillet, 7.
- Trompe à mercure rapide, Berlamont et Jouart. *CR.* 9 Juillet, 110.

Électro-chimie. Bain d'électro-déposition. (Quntà Marino). *EE.* 16 Juin, 418.

- Fabrication des objets en plaqué de platine d'or et d'argent, procédé Bourdillon. *EE.* 16 Janvier, 418.
- Influence de la pression sur la conductibilité des électrolytes (Tammann). *EE.* 16 Juin, 423.

— Décomposition électrolytique des chlorures alcalins (Rhodin). *Cs.* 31 Mai, 417.

— Dissolution d'iode, électrolyses (Lewin). *Cs.* 31 Mai, 449.

— Cuivre, affinage électrolytique Cowper-Coles. *Élé.* 30 Juin, 406.

— Synthèse des substances organiques. *Cs.* 30 Juin, 542.

— Fabrication du carbure de calcium. (Carlson). *EE.* 14 Juillet, 65.

— Divers. *Cs.* 30 Juin, 542.

Ions dans les gaz (Les). Langevin. *Sic.* Mai, 203.

Mesures. Électroscopes Curie pour corps bi-radiants. *Ln.* Juin, 64.

— Électro-dynamomètres-balances Kelvin. *Élé.* 30 Juin, 401.

— Compteur d'énergie Holden. *IC.* 10 Juillet, 279.

— Emploi du tube de Braum pour les mesures de puissance et la représentation des courbes d'hystérésis (Kaller). *EE.* 7 Juillet, 35.

— Inscription électrostatique et électro-chimique des courants. *EE.* 7 Juillet, 37.

— Isolement (Mesures d') (Kallmann). *EE.* 15 Juillet, 69.

Mesures Résistances compensés Kelvin. *EE.* 14 *Juillet*, 70.

Stations centrales. Exposition de 1900. *EE.* 23, 19 *Juin*, 433, 849. Machine Hélios. *E.* 6 *Juin*, 11. Borsig. *Élé.* 7 *Juillet*, 1. Farcot. *EE.* 13 *Juillet*, 41; *Élé.* 14 *Juillet*, 17; *Id.* 10 *Juillet*, 273. Kolben. *E'*. 13 *Juillet*, 35.

— Exploitation économique (Abbott). *E'*. 22 *Juin*, 654.

— Prix de l'énergie électrique (Dawson). *E.* 29 *Juin*, 841; *Ri.* 30 *Juin*, 249.

Télégraphie (La) de l'empire anglais. *SA.* 13 *Juin*, 591.

— Télégraphone Poulsen. *EE.* 16 *Juin*, 408. *Rgds.* 30 *Juin*, 769.

— Multiple réversible Mercadier. *Gc.* 16 *Juin*, 114.

— Emploi des mécanismes électro-magnétiques (Fessenden). *Fi.*

— Système de télégraphie rapide, alphabets et signes télégraphiques (Munier). *EE.* 23 *Juin*, 456.

— Transmission des signaux. *Id.*, 30 *Juin*, 489.

— sous-marine. Bateau-câble Von Pobielski. *E.* 12 *Juin*, 829.

Téléphone. Transmetteurs et récepteurs Bur-gunder. *Élé.* 23 *Juin*, 387. Mildé. *Élé.* 14 *Juillet*, 22.

— Transmetteur solid Back. *Élé.* 30 *Juin*, 405.

Transmissions par courants triphasés. Calcul des (Gim). *Bam.* *Juin*, 453.

HYDRAULIQUE

Distributions d'eau. Adduction des eaux de l'Yonne pour Château-Chinon (Pochet et Assy). *APC.* 1900, n° 4.

— Baulieu de Paris, Épuration et filtration des eaux (Veilhan et Regnard). *APC.* 1900, n° 7.

— Économie par surveillance des fuites (Jenkins). *E'*. 13 *Juillet*, 43.

Pompes Petsche. *RM.* *Juin*, 755.

Presse Jacobsen. *Rm.* *Juin*, 756.

Pulsomètre Erwin. *Rm.* *Juin*, 755.

Roue Lingins. *Rds.* *Juin*, 757.

Turbines. Usine hydro-électrique de La Praz. *Gc.* 23 *Juin*, 128.

MARINE, NAVIGATION

Arbres d'hélice (Rupture des). Scott. *E.* 13 *Juin*, 796. *E'*. 6 *Juillet*, 6.

Boussole pour la vérification des routes. *Ri.* 30 *Juin*, 245.

Canal de l'Elbe-Trave. *VDI.* 16 *Juin*, 753. *E.* 22 *Juin*, 804.

— latéral au Rhône. *As.* *Juin*, 90.

— Voyage de l'Alerte de Paris à Marseille par voies navigables. *RMC.* *Juin*, 449.

— de la Baltique à la Caspienne (Suquet). *APC.* 1900, n° 3.

Constructions navales. Stabilisation des navires (Bryon). *N.* 21 *Juin*, 186.

— Résistance des carènes. Expériences de Joissel (Durg de Bruynac). *IC.* *Juin*, 663.

— Chantiers des États-Unis (Fawcett). *EM.* *Juillet*, 493.

— Pressions dues à l'écoulement de l'eau autour des surfaces immergées, effet du gouvernail (Hele Shaw). *E.* 13 *Juillet*, 65.

Écluses. Étanchéité des tourillons des portes (Meunier). *APC.* 1900, n° 13.

Escaut maritime. Corrélation entre la configuration du lit et la profondeur du chenal (Fargue). *APC.* 1900, n° 2.

Machines marines du cuirassé japonais Asahi. *E.* 29 *Juin*, 846.

Marines de guerre. Cuirassés modernes (Étude sur les) (Brylinski). *Rmc.* *Mai*, 225.

— anglaise. *Rmc.* *Mai*, 347, 377; *Juin*, 533, 593. Expérience du Belleisle. *E'*. 15 *Juin*, 617. Progrès de sa construction. *E'*. 29 *Juin*, 661.

— allemande. *Rmc.* *Mai*, *Juin*, 377, 605.

— française. *E'*. 13 *Juillet*, 37. Croiseur Guichen. *E'*. 15 *Juin*, 611. Le Bouvet. *Rmc.* *Juin*, 485.

— japonaise. *Rmc.* *Mai*, 389. Cuirassé Asahi. *E.* 29 *Juin*, 846.

— américaine. *Rmc.* *Juin*, 554, 596.

— norvégienne. *Rmc.* *Mai*, 393. Gardes-côtes Gidsvold. *E'*. 15 *Juin*, 616.

Navigation sur les lacs américains. *E.* 6 *Juin*, 21.

Naufages. Statistique en 1896. *Rmc.* *Mai*, 291.

— Sauvetage du personnel embarqué. *Id.* 401.

Paquebot à deux hélices Alberta. E. 14 Juillet, 46.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Mécanisme de l'oiseau. Dp. 16 Juin, 385.

Air comprimé. Compresseur Sergeant. Tate-Howard. *RM. Juin, 769.*

— — électrique. *E'. 29 Juin, 676.*

— — résolution graphique des problèmes relatifs à l'air comprimé. *AMa. 28 Juin, 612.*

Chaudières à l'Exposition. E'. 22 Juin, 633.

— dans les marines de guerre. *E'. 13 Juillet, 27.*

— Belleville marines. *E'. 29 Juin, 673. Ri. 7 Juillet, 253.*

— à tubes d'eau. Essais à la mer. *VDI. 30 Juin, 835. 7 Juillet, 875. Pattison*

— Smith. Doyère. *RM. Juin, 740.*

— Instantanées Von Grubinski, Bellens. *RM. Juin, 742.*

— Désincrusteur Chevalet. *E. 22 Juin, 817.*

— Déverseur de pression Schmidt. *Gc. 20 Juin, 136.*

— Chargeurs automatiques de la station centrale de Leeds. *E. 29 Juin, 868.*

— Explosion et rupture d'un tube à fumée. *APC. 1900, nos 10 et 11.*

— Explosion d'une chaudière à tube d'eau à Depfort. *E'. 29 Juin, 681.*

— Foyer au pétrole Browne, Orde, Coulthard. *RM. Juin, 744.*

— Grilles Neemes, Mac Clave, Barrus, Piron. *RM. Juin, 745.*

— Injecteurs Taylor, Metcalfe. *RM. Juin, 747.*

— Niveau d'eau Brooke. *RM. Juin, 749.*

— Régulateur de pression Hardie. *RM. Juin, 748.*

— Soupape de sûreté Bouc. *RM. Juin, 748.*

Drague hydraulique Armstrong Whitworth. E'. 29 Juin, 668.

Dynamomètre à frein électrique Gran. EE. 14 Juillet, 71.

Froid. Frigorifère Hall. RM. Juin, 771.

Graissage. Pouvoir lubrifiant des huiles. *E'. 23 Juin, 633.*

— Graisseur automatique Merrill. *AMa. 28 Juin, 615.*

— Mac Coy. *RM. Juin, 770.*

Imprimerie. Presses à l'Exposition. E. 29 Juin, 839.

— Commande des presses par l'électricité. *E'. 13 Juillet, 40.*

Appareils de levage. Ascenseurs (Sécurité des). (Honoré). *Ic. Juin, 343.*

— Willard. *RM. Juin, 757.*

— Tapis élévateurs Le Blanc, *EE. 30 Juin, 476. Ln. 14 Juillet, 107. Gc. 14 Juillet, 183.*

— Transporteurs Temperley au port de Sfax. *E. 14 Juin, 778, à l'usine électrique de Depfort. E'. 22 Juin, 634.*

— Crochets de grue (Tracé des). *AMa. 14 Juin, 568. Bam. Juin, 455.*

— Grue Davis et Jones. *RM. Juin, 758.*

— Manutention des minerais. *JuE. 15 Juin, 653.*

— Plan incliné de Garesfield. *E. 14 Juillet, 45.*

Machines-outils à l'Exposition (Fescher). *VDI. 7 Juillet, 865, anglaises à l'Exposition, 780.*

— Ateliers Bullock. *AMa. 14 Juin, 562.*

— Organisation commerciale (Diemer). *EM. Juillet, 511.*

— Étau limeur Norton. *AMa. 21 Juin, 587.*

— Emboutissage en théorie et en pratique (Musiol). *Dp. 7-14 Juillet, 428, 443.*

— Fraiseuses pour pignons coniques. *AMa. 7 Juin, 540. Hélicoïdaux Reineker. Id. 14 Juin, 558.*

— — anciennes. *AMa. 28 Juin, 605.*

— Frappeur pneumatique Kelley. *RM. Juin, 763.*

— Perceuses radiales Smith. *E'. 15 Juin, 624.*

— Aléreuse Hulse pour blindages. *RM. Juin, 736.*

— Mill. *RM. Juin, 765.*

— polygonales (Tracé des cames). *AMa. 14 Juin, 565.*

Presse Ferracute. AMa. 21 Juin, 588.

Tours à dresser les colonnes. Smith. E'. 15 Juin, 622.

— — taille des roues hélicoïdales. *AMa. 21 Juin, 33.*

— — à vis multiple Woerner et Harrington. *RM. Juin, 730.*

— — à manivelles Moll. *RM. Juin, 732.*

— — Contre-pointe. Blount. *RM. Juin, 768.*

Presses Meule Anderson. RM. Juin. 764.

- Raboteuse hydraulique Tannett-Walker. *RM. Juin, 766.*
- Riveuse Carney et Gorfou. *RM. Juin, 767.*
- à bois. Pérant. *Ri. 23 Juin, 236.* Robinson. *E. 14 Juillet, 46.*
- — Scie pour pavés Pickles. *E'. 14 Juillet, 17.*
- à pierres. Scie Adamson. *E. 29 Juin, 853.*

Moteurs à vapeur (Théorie des). (Anspach.) *RM. Juin, 713.*

- — surchauffée. *E'. 15 Juin, 620, 621.*
- — combinées. *RM. Juin, 772.*
- Borsig à l'Exposition. *Gc. 16 Juin, 109.*
- Farcot. *E'. 29 Juin, 662.* Biéatrix. *Ri. 30 Juin, 247.* Tosi. *E. 22 Juin, 813.*
- Triple expansion Belleville. *E. 14 Juillet, 50.*
- Davidson. *RM. Juin, 771.*
- Compound Remshaw. *RM. Juin, 772.*
- demi-fixe 200 chevaux Wolf. *Gc. 20 Juin, 135.* *Ri. 23 Juin, 233.*
- Courbes *pvⁿ* (Tracé des). *AMa. 21 Juin, 590.*
- Cylindres (Résistance des). *Dp. 30 Juin, 405.*
- Distributions par tiroirs de détente (Bantlin). *VDI. 7 Juillet, 869.* Musgrave. *RM. Juin, 735.* Tiroir-piston Schmidt. *RM. Juin, 774.* par soupapes Radovanovic. *Gc. 14 Juillet, 181.*
- Régulateurs (Les). (Lecornu.) *RM. Juin, 661.*
- Mac Ewen. *ZOI. 12 Juin, 385.*
- Isochrone Whitehead. *E. 6 Juillet, 27.*
- Dazey et Grégoire. *RM. Juin, 773.*
- Stuffing box. Saxton-Mac Cuen. *RM. Juin, 774.*
- Turbines de Laval. Cap. *E'. 15 Juin, 607.*
- Parsons. Essai (Lindley et Schroter). *VDI. 30 Juin, 829.* 7 Juillet, 882.
- à gaz. Blaxton. *E'. 29 Juin, 680.* Doughill. *RM. Juin, 775.*
- Utilisation des chaleurs perdues (Adams). *EM. Juillet, 523.*
- à gaz de haut fourneau (Greiner, Hubert, Meyer). *Ru. Mai, 150, 184.* *Gc. 7 Juillet, 176.*

Moteurs à gaz Mond Andrew, de 150 chevaux. *E. 22 Juin, 805.*

- au gaz Riché. *Gc. 30 Juin, 149.*
- à pétrole Campbell de 16 chevaux. 793.
- Fleury, Hausen, Hornsby et Goldingham, Strickland, Drake et Fletcher. *RM. Juin, 780.*
- (Équilibrage des) à grandes vitesses (Favron). *Bam. Juin, 431.*

Résistance des matériaux. Bois. Selinisation et ignifugation par l'électricité. *Rt. 10 Juin, 245.*

Transmission par cames Grison. *Ri. 16 Juin, 225.*

MÉTALLURGIE

Alliages (Thermo-électricité des). Steinmann. *CR. 2 Juillet, 34.*

Aluminium. Progrès récents de l'industrie (Richards). *Fi. Juin, 431.*

- Aluminothermie dans les procédés Goldsmith. *Ie. 10 Juillet, 285.*

Argent. Raffinage. Manomètre Fallis. *Eam. 30 Juin, 765.*

Cuivre. Extraction des pyrites (Longridge).

- Dosage rapide des petites quantités dans les scories fondues. *Eam, 16 Juin, 708.*

Fer et acier à l'Exposition (Busson). *Ru. Juin, 225.*

- Procédé Talbot pour fabrication de l'acier. *IC. Juin, 341.*

- — Tropenas. *Cs. 31 Mai, 447.*

- — continu au réverbère (Talbot). *E. 22 Juin, 832.*

- Théorie de la dissolution. *Cs. 31 Mai, 445.*

- Laminage continu des fers marchands. *Gc. 16 Juin, 116.*

- Hauts fourneaux Columbus américains. *JuE. 15 Juin, 639.*

- Composition des chamottes. *Id. 640.*

Or. Concentration Elmore. *Cs. 31 Mai, 446.*

Plombs. Fusion des minerais et triage des fumées. *Eam. 2 Juin, 647.*

- Métallurgie dans la province de Murcie (Jannetaz). *IC. Juin, 705.*

MINES

Colombie britannique. Histoire et progrès des mines (Lamb). *EM. Juillet, 543.*

- Colonies françaises.* Richesses minérales (Pelatan). *Ru. Mai*, 117.
- Cuivre.** Mines de Nacosari. Mexique. *Eam.* 9 *Juin*, 678.
- Gisements (Démaret). *Ru. Juin*, 234.
- Épuisement hydraulique* au Japon (Davey). *E'*. 15 *Juin*, 613.
- Exposition de 1900* (Les mines à l'). *Ef.* 14 *Juillet*, 46.
- Gisements* (Classification des). (Keyes.) *Eam.* 30 *Juin*, 771.
- États-Unis.* Industrie minérale en 1899. Statistique. *Eam.* 9 *Juin*, 673.
- Région minière du mont Wilson. Colorado. *Eam.* 9-16 *Juin*, 681, 707.
- Houillères** (Accidents des). Statistique. *Eam.* 2-16 *Juin*, 651, 709.
- Houillères.** Bassin houiller du Michigan. *Eam.* 30. *Juin*, 767.
- Lignites* (Exploitation des) et fabrication des briquettes dans le bassin de Brunhl Hunkel (Lodin). *AM. Juin*, 493.
- Nickel* en Nouvelle-Calédonie. *Eam.* 23 *Juin*, 733.
- Préparation mécanique.* Classification centrifuge. *Rc.* 23 *Juin*, 238.
- — Concentration Elmore. *Eam.* 23 *Juin*, 742, à main Elmore. *Eam.* 30 *Juin*, 773.
- Routes pour mines* (Longridge). *E.* 14 *Juillet*, 41.
- Soufre.* Production en Angleterre. *E.* 15 *Juin*, 787.
- Suède.* Statistique de l'industrie minérale pour 1898. *AM. Juin*, 500.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE



AGRICULTURE

LES ORIGINES DU MOULIN A GRAINS, par **M. L. Lindet**, *membre du Conseil* (1).

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement oublie ce soir le but pour lequel elle a été créée; elle a pour mission, en effet, de faire connaître les découvertes nouvelles, de signaler les appareils nouveaux, et voici que je vais vous parler, pendant une heure, d'un instrument qui a fait son temps, qui a nourri l'humanité pendant plus de quarante siècles, qui est aujourd'hui délaissé, mis en rebut, et remplacé presque partout par le moulin à cylindres.

J'ai pensé cependant que ce ne serait pas une lourde faute contre nos statuts que de montrer à ceux qui vont nous suivre les efforts dont furent capables ceux qui nous ont précédés, et, qu'en tout cas, il y a un certain charme à s'arrêter de temps à autre sur cette route où le progrès nous entraîne, à regarder en arrière et à saluer le passé.

Quand on considère que l'art de moudre est la plus ancienne des industries humaines, on est étonné du peu de documents qui existent sur cette intéressante question; la construction du moulin, son fonctionnement, semblaient à nos aïeux chose si naturelle qu'ils n'ont pas pris la peine de nous décrire les meules en usage de leur temps, et c'est plutôt par les monuments qu'ils nous ont laissés, que par leurs écrits, que nous pouvons nous rendre compte de cette vieille et grande industrie.

(1) Conférence faite le 23 mars 1900, devant la Société d'Encouragement.

Aimé Girard, notre regretté secrétaire, avait entrepris d'écrire l'histoire de l'art de moudre les grains; il avait rassemblé de nombreux et intéressants documents, que j'ai réunis à sa mort et complétés par des recherches personnelles; j'ai relié les documents trouvés par l'un et l'autre, et j'en ai tiré des conséquences techniques qui semblent assez intéressantes pour que je me permette de les exposer ce soir devant la Société (1).

I. — Si l'on ouvre un traité de meunerie, un traité qui a la prétention de faire de l'histoire, on trouve en première page cette phrase typique : « L'art de moudre remonte à la plus haute antiquité. » Mais la phrase est vague; qu'est-ce que la plus haute antiquité, qu'est-ce que la moins haute antiquité? Il y a des peuples modernes, dont la civilisation arriérée est encore aujourd'hui identique à celle des peuples les plus anciens. Il convient donc de préciser et de passer en

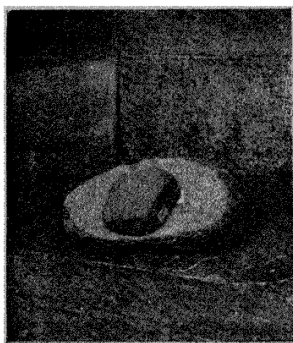


Fig. 1. — Pierres trouvées à Chessemey (Aisne). (Musée de Saint-Germain.)

revue les diverses civilisations anciennes et modernes, sans chercher entre elles des liens qui, le plus souvent d'ailleurs, n'existent pas.

Il semble évident aujourd'hui, qu'à l'époque paléolithique, et même à la dernière période de cette époque, à l'*âge du renne*, l'homme n'a pas connu l'agriculture; il n'a pas connu le blé, et, par conséquent, n'a pas eu à le moudre. La forme des pierres retirées des grottes de la Madeleine et des Eyzies, en Dordogne (musée de Saint-Germain) ne permet pas d'admettre que ces pierres aient été des meules.

A partir de l'époque néolithique, c'est-à-dire de l'âge de la pierre polie, le doute n'est plus permis: dans les stations de cette époque, et notamment dans

les stations lacustres ou *palafittes* des lacs suisses de Mooseedorf, de Zurich, de Constance, de Pfekkikon; dans les stations de Chessemey (fig. 1), de Chassenay, de Tercis et de Seyresse; dans les grottes de la Vache, en France (musée de Saint-Germain); à Monsheim, en Hesse rhénane; à Vester-Göttland, en Suède; en Italie, etc., on a rencontré souvent, à côté d'échantillons de grains plus ou moins calcinés, les pierres qui ont servi à broyer ces grains. Ce sont des pierres plates, légèrement creusées, soit intentionnellement, soit par l'usure naturelle, sur lesquelles on promenait d'autres pierres en forme de molettes ou de rouleaux. Nous reproduisons ici deux de ces pièces.

On retrouve ces mêmes pierres parmi les vestiges de l'âge de bronze, prove-

(1) Cette étude a déjà fait l'objet d'un mémoire publié dans la *Revue archéologique*, 1899, t. II, p. 413, et 1900, t. I, p. 17, où l'on trouvera tous les renseignements bibliographiques relatifs aux faits cités dans cette conférence.

nant des cités lacustres du lac de Genève (musée de Lausanne); de celles du lac du Bourget (musée de Chambéry) (fig. 2); des stations de l'Argar, en Espagne; de Mondsee, d'Autriche (musée de Salzbourg); de Bavière (musée de Nuremberg); d'Ardenne, en Belgique (musée de Bruxelles), etc.

Quelquefois, les pierres sont fortement creusées en forme de cuvette, comme celle qui a été recueillie à la station lacustre de Grésine-Saint-Innocent (musée de Chambéry) (fig. 3).

Évans signale dans ses *Ancient stone implements of Great Britain*, une pierre plus creuse encore, découverte par Stanley dans l'île d'Holyhead, en Écosse.

Les tombes celtiques, en Bretagne, ainsi que nous l'apprend le Dr Foulon dans la *Revue de la Société archéologique de Nantes* (1868), renferment des pierres analogues qui servaient à

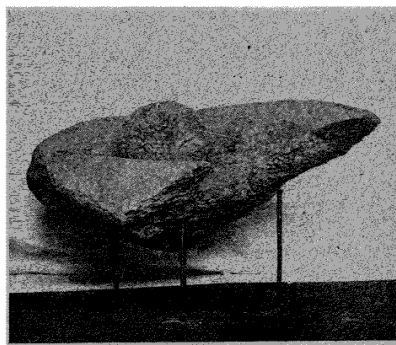
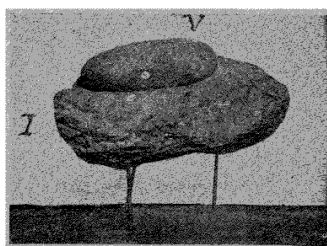


Fig. 2. — Pierres trouvées à Saint-Saturnin, lac du Bourget. (Musée de Chambéry.)

Fig. 3. — Pierres trouvées à Grésine-Saint-Innocent, lac du Bourget. (Musée de Chambéry.)

écraser le grain, et qui étaient, à la mort du chef, brisées et enfermées avec lui.

Le même procédé de mouture a été employé chez les Égyptiens, à en juger par les peintures que nous remarquons sur leurs tombeaux, notamment sur celui de Ti (musée Guimet).

Mais nous avons mieux : Vous savez que les riches Égyptiens faisaient enfermer dans leurs tombes des statuettes représentant leurs domestiques dans les attitudes de leurs fonctions; ceux-ci étaient censés continuer au mort leurs bons offices. Or il fallait, pendant le grand voyage, nourrir le mort; aussi retrouvons-nous, dans les tombes memphites, des meuniers et des boulangers. Le musée du Louvre possède deux de ces statuettes en calcaire qui remontent à la V^e ou VI^e dynastie (3000 ans av. J.-C.). Je ne saurais dire si la première de ces statuettes est une meunière ou une boulangère (fig. 4), car toutes deux, selon moi, exerçaient le même métier, et faisaient usage du même instrument. Le grain était broyé entre deux pierres, puis la farine était délayée dans une auge dont nous possédons des représentations (musée de Giseh), et enfin la pâte était

pétrerie et *tournée* sur la même pierre plate ou sur une planche. Il se peut que



Fig. 4. — Statuette égyptienne en calcaire (V^e ou VI^e dynastie). (Musée du Louvre.)



Fig. 5. — Statuette égyptienne en calcaire (V^e ou VI^e dynastie). (Musée du Louvre.)

cette statuette figure une boulangère. Elle semble, en effet, avoir devant elle deux pains, dont l'un en forme de cœur. J'ai attribué tout à l'heure le sexe

féminin à cette statuette, c'est que sa compagne (fig. 5) ne laisse aucun doute sur son identité. Celle-là est une meunière, car l'objet qui est placé sur la pierre plate est un écrasoir. D'autres statuettes de ce genre sont aux musées de Giseh, de Florence, de Berlin, de Liverpool, etc., et représentent en général des meunières plutôt que des boulangères.

Dans le même ordre d'idées, on voit encore au musée du Louvre une figurine en serpentine, petit monument votif qui représente, d'après l'inscription gravée sur le socle, un prince Thoutmès en train de broyer son grain.

Le seul document relatif à la mouture que j'aie rencontré dans la civilisation

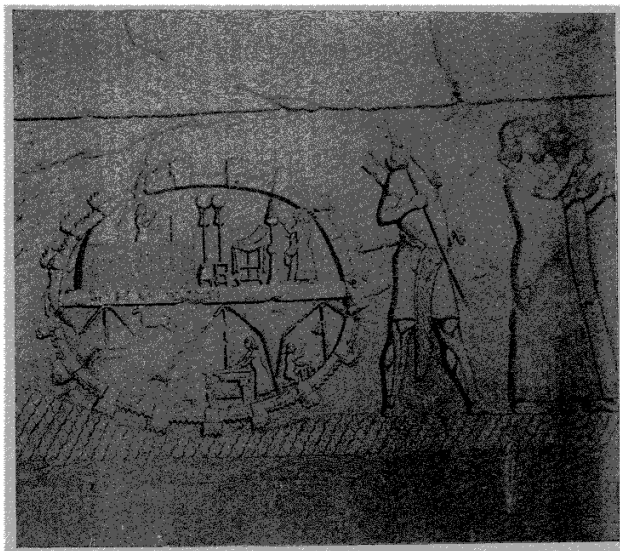


Fig. 6. — Bas-relief du palais de Khorsabad.

chaldéenne et assyrienne est un bas-relief du palais de Khorsabad, dessiné dans le remarquable ouvrage de Botta et Flandin. Il représente un camp retranché (fig. 6) défendu par un mur et des tours crénelés, à l'intérieur duquel a lieu une cérémonie religieuse; un prêtre semble bénir une gerbe de blé que deux hommes apportent; la partie inférieure du bas-relief est occupée par des tentes, sous lesquelles des hommes ou des femmes pourvoient à la nourriture des guerriers; l'un des personnages semble broyer du grain sur une pierre, munie de pieds comme les *trépodes* dont nous parlerons tout à l'heure; l'autre semble pétrir sur une table.

Les Grecs ont connu également la pierre plate. M. Fouqué a rapporté de Santorin, dans les îles Cyclades, en 1866, des meules de lave, en forme de

calottes hémisphériques, superposables par leur face plane. Schliemann a découvert à Mycène, en Argolide, de même qu'à Hissarlik, qui représente la citadelle de l'ancienne Troie, à Thymbra et à Hanai-Tepéh, au sud-est de Troie, des meules plates et ovales. Des meules plates ont été trouvées dans l'Acropole d'Athènes.

Les statuettes que nous possédons montrent que le travail de la mouture était, chez les Grecs, conduit de la même façon que chez les Égyptiens. Voici d'abord une statuette thébaine (fig. 7) du v^e siècle, qui nous montre une femme accroupie, le corps penché, soit sur une pierre, soit sur une planche (Musée du



Fig. 7. — Statuette thébaine (v^e siècle). (Musée du Louvre.)

Louvre). Le groupe de style corinthien représenté ci-contre (fig. 8) est encore plus intéressant; il représente un ensemble de quatre personnages, debout devant une table inclinée. Ceux-ci saisissent des deux mains des objets qui peuvent figurer de la pâte à pain, comme aussi des pierres destinées à écraser le grain (Musée du Louvre). Il est possible que l'on ait employé les mêmes engins pour pétrir la pâte céramique; mais l'idée que ces personnages peuvent représenter des ouvriers céramistes doit être écartée; car le groupe a été trouvé dans une tombe où une semblable représentation n'aurait eu aucune signification. Un joueur de flûte semble entraîner les ouvriers à leur dur labeur; nous voyons souvent aujourd'hui, dans les pays vignobles, les ouvriers fouler en cadence le raisin au son d'un violon.

Il est intéressant, au point de vue ethnographique, de retrouver à des milliers d'années de distance l'emploi du même procédé de mouture chez les peuples

modernes de civilisation arriérée; chez certains d'entre eux, l'usage a pu s'en perpétuer; chez d'autres, les mêmes besoins ont fait naître les mêmes outils.

Mindeleff a signalé l'usage de cette meule primitive chez les tribus indiennes du Nouveau-Mexique, Speke et Grant aux sources du Nil, Bourde en Abyssinie, Guyot au Zambèze, Evans en Islande; le Musée ethnographique du Trocadéro possède des spécimens provenant d'Haïti. Les photographies ci-contre nous montrent que la meunière du Zambèze ou de l'Abyssinie (fig. 9 et 10) prennent la même position que la meunière d'Égypte ou de Grèce. La première de ces photographies nous apprend en outre que, dans le travail de la mouture, les

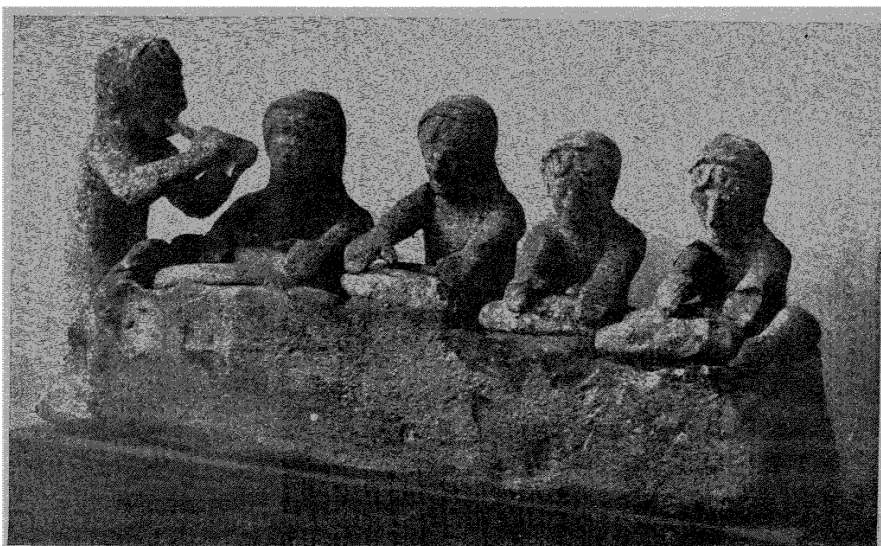


Fig. 8. — Groupe de style corinthien (Musée du Louvre).

bras seuls travaillent; car si le corps ne restait pas à peu près immobile, l'enfant que la femme porte dans son pagne serait affreusement ballotté.

Quelquefois la pierre est légèrement creusée au centre, et l'on est frappé de l'analogie que présentent la pierre trouvée à Grésine Saint-Innocent (fig. 3) qui a plus de 4 000 ans d'existence, et celle figurée ci-contre, qui a été exposée en 1889, parmi les ustensiles de la vie courante au Vénézuëla (fig. 11).

Quelquefois la pierre plate est munie de rebords, comme dans la république de l'Équateur (conservatoire des Arts et Métiers); c'est la *Metate* mexicaine. La pierre qui sert d'écrasoir, dite *Mano*, porte l'empreinte des doigts, de façon que l'opérateur puisse, dans la mouture de son grain, déployer la plus grande somme d'énergie.

Quelquefois enfin, la pierre est munie de trois pieds; c'est le *tripous* que

l'on rencontre dans les stations gallo-romaines (fig. 12, 13, 14) et qui indique un

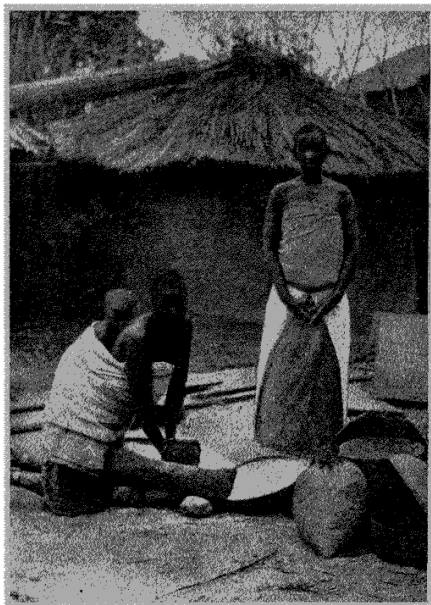


Fig. 9. — Mouture du sorgho au Zambèze. (D'après une photographie de M. Guyot.)

outillage de taille plus perfectionné, et par conséquent un état de civilisation relativement avancé.

Ce même tripous, on le retrouve chez les peuples modernes, dans l'Amérique centrale, au Nicaragua (British Museum), au San Salvador (fig. 13). Mindeleff, dans son *Study of pueblo architecture*, nous montre ces *metate*



Fig. 10. — Mouture du blé à Harras (Abyssinie).



Fig. 11. — Pierre à écraser le grain (Vénézuëla).

disposées côte à côte, ainsi que dans l'atelier corinthien dont nous avons donné plus haut la reproduction (fig. 8).

Il est bien difficile de parler du moulin sans dire un mot du mortier, qui a joué également un grand rôle dans l'histoire de la mouture ; le mortier a souvent exécuté le même travail que la meule, quelquefois on lui a demandé un travail

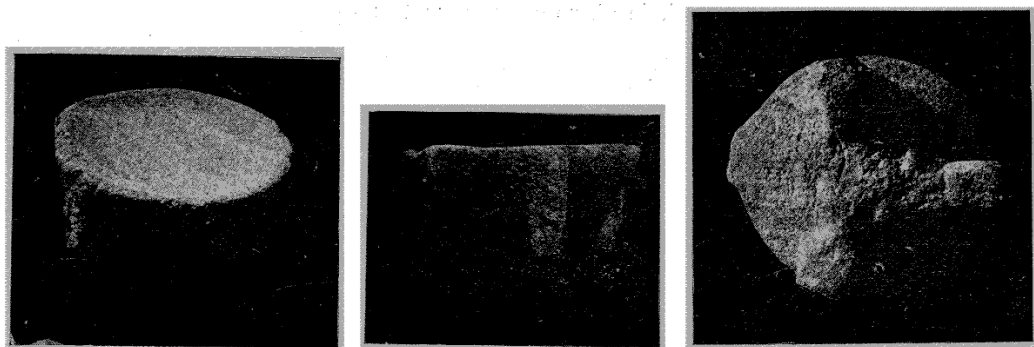


Fig. 12, 13 et 14. — Tripous découverts à Royat (Puy-de-Dôme).

préparatoire de concassage. Les Grecs et les Latins avaient des termes différents pour exprimer le concassage et le broyage des grains.

Le mortier représente un des plus anciens instruments de mouture. Il était en usage chez les Hébreux ; le verset des *Nombres* (xⁱ, 8) nous dit que le peuple

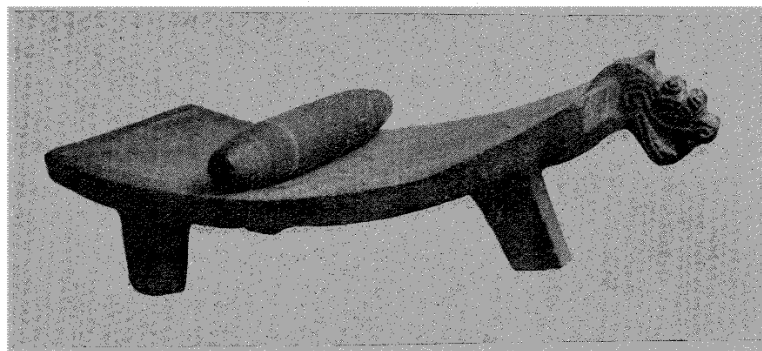


Fig. 15. — Métate pour écraser le grain (San Salvador).

y pilait la manne, et celui des *Proverbes* (xviii, 22) nous apprend qu'un insensé y pourrait être pilé sans que sa folie se détachât de lui. Il était en usage chez les Égyptiens ; le pileur, figuré sur le tombeau de Ramsès III, le prouve. Il était en usage chez les Grecs ; les vases *étrusques*, qui sont en réalité des vases grecs, nous font voir parfois des femmes pilant au mortier. Schliemann enfin a rencontré des mortiers et des pilons à Hissarlik. A en juger par les représentations égypt-

tiennes et grecques, le mortier et le pilon ressemblaient fort à ceux que nous allons rencontrer tout à l'heure chez les peuples de l'Afrique moderne.

De tous les documents anciens, je n'en voudrais retenir qu'un seul : c'est le passage des œuvres d'Hésiode où ce poète nous dit : « Creuse un tronc de trois



Fig. 16. — Pilon et mortier (1618).

pieds, il sera ton mortier; que le pilon ait trois coudées; qu'une planche de sept pieds, servant de levier, s'y emboîte. » Cette description m'aurait semblé un peu confuse si je n'avais pas rencontré dans le *Bestliche abrisz Allerhand Wasser, Wind, Ross und Hand Muhlen*, de Jacob et Oct. de Strada (Francfort, 1618), (Bibl. du Cons. des Arts et Métiers) réédité sous le nom de *Theatrum machinarum novum* par Bockler (Nuremberg, 1661), la représentation exacte du mortier et du pilon d'Hésiode (I. II. K. fig. 16), et si je n'avais pas eu entre les mains une

photographie faite par M. Monnier en Corée, et représentant le concassage du riz. La poutre qui sert de levier porte à l'extrémité opposée au pilon une caisse; celle-ci, placée dans le lit d'un ruisseau, se remplit d'eau; quand elle est pleine, le poids de l'eau agit sur un déclenchement et la caisse se vide; le pilon, de tout



Fig. 47. — Pilons et mortiers (Madagascar). (D'après une photographie de M. Prudhomme.)

son poids, vient à l'intérieur du mortier frapper sur le riz que l'on veut décor-tiquer. Le même appareil est employé en Chine et au Cambodge.

Le mortier est d'un usage exclusif pour le broyage du riz, du millet, du dari sur les côtes de l'Afrique, à Madagascar; le pilon représente tantôt une double massue, allongée, étranglée en son milieu (c'est la forme figurée sur les vases grecs, ou dans les figurines de style corinthien), tantôt un cylindre surmonté

d'une massue en bois destinée à lui donner du poids, tantôt enfin un bâton de bois long et pesant (fig. 17 et 18) :

II. — De ces engins primitifs, de la pierre plate et du mortier, au moulin à meule *tournante*, il y a une très grande distance.

Nos moulins actuels sont constitués par deux meules plates, l'une, fixe sur le plancher de l'usine, c'est la *gisante* ; l'autre, tournant au-dessus de la première, avec une vitesse de 120 tours à la minute, c'est la *courante*. Au centre de celle-ci, est une ouverture circulaire, l'*œillard*, dans lequel une traverse de fer,

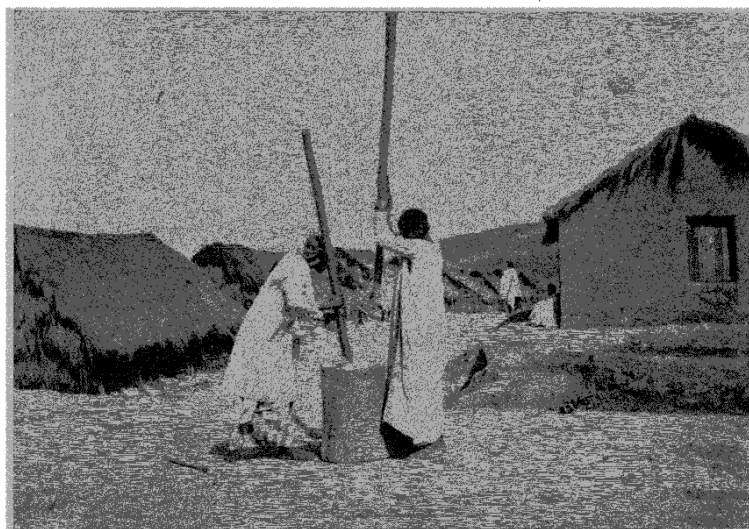


Fig. 18. — Femmes décortiquant du riz en Imérina (Madagascar).
(D'après une photographie de M. Prudhomme.)

l'*anille* ou *nile*, est scellée ; cette anille repose en équilibre sur l'extrémité, dite *pointal*, d'un axe vertical, le *fer de meule* qui traverse la meule *gisante* ; la meule supérieure est équilibrée ; pour la faire tourner, on dispose au sommet du fer de meule un *manchon*, dans l'*échancrure* duquel se place l'anille ; le fer de meule, dans son mouvement de rotation, entraîne l'anille et par conséquent la meule *courante*. Distribué par une *trémie* et un *auget*, le grain tombe dans l'*œillard* ; poussé par la force centrifuge, il gagne la périphérie en s'écrasant.

Il a donc fallu, pour en arriver là, que le génie inventif de l'homme fit un très gros effort ; mais dans quelle contrée, à quelle époque a été fait cet effort ? Qui l'a fait ? Malheureusement, celui qui l'a fait ne nous l'a pas dit, et il est extrêmement difficile de le découvrir.

Dans l'*Exode* (xi,5) il est parlé de la servante, dont l'enfant ne sera pas plus

épargné que celui du Pharaon, de la servante qui se tient derrière *la meule*, et le mot *meule* (Rechajim) est au *duel*, ce qui prouve qu'il y en a deux. Le *Deutéronome* (xxiv,6) défend de prendre pour gage le moulin *ni la meule supérieure*. Évidemment ce passage attribue à la meule supérieure une certaine importance; car s'il s'agissait d'une simple molette, que l'on puisse remplacer aisément, la loi n'aurait pas eu à interdire de la prendre pour gage; la saisie d'une pierre importante, comme le serait une meule tournante, empêcherait au contraire le moulin de fonctionner, et l'on prendrait alors « la vie même ». Il est question dans les *Juges* (ix,53) d'une femme qui jette une meule supérieure sur la tête d'Abimélech, et dans *Job* (xli,15) d'une meule inférieure qui est dure comme le cœur du Léviathan. Il existait donc bien, du temps des Hébreux, des moulins à deux meules, l'une supérieure, l'autre inférieure; mais rien ne nous indique que la première tournait au-dessus de la seconde. Le mot *Rekeb*, par lequel l'hébreu désigne la meule supérieure, signifie le char, les bêtes de somme; évidemment le char courait sur la meule inférieure, mais tournait-il?

J'étonnerais peut-être quelques-uns d'entre vous en vous disant que Samson n'a jamais tourné la meule. Il était prisonnier des Philistins vers 1200 avant Jésus-Christ, et à ce moment la meule ne tournait certes pas; d'ailleurs le texte des *Juges* (xvi,21) dit simplement: « Samson fut occupé à moudre dans la maison des prisonniers. » Mais alors que devient le décor de l'opéra, qui représente, vous vous le rappelez sans doute, une meule romaine, combinée avec un moulin à pommes? Le décorateur a dû prendre son inspiration dans une gravure des *Grandes Inventions*, de Figuier, et j'ai été assez heureux pour constater que Figuier lui-même avait puisé les éléments de sa gravure dans les planches d'un livre, fort intéressant, sur les arts et métiers des Anciens, de Grivaud de la Vincelle (1819), en sorte que le décor de l'opéra de Saint-Saëns remonte au début du siècle.

Les légendes attiques ont revendiqué pour les Grecs l'invention du moulin à meule tournante, et l'ont attribuée à Myletas, roi de Lacédémone, à Mylès le Lelège, à Mylas, à Demeter, déesse des moissons. Mais les Grecs n'ont prouvé leur paternité ni par leurs écrits, ni par leurs monuments.

Homère nous montre, à l'arrivée d'Ulysse au palais d'Alcinoüs, roi des Phéaciens, des femmes qui, d'après plusieurs traducteurs, « tournent la meule » sur le grain doré. Mais le texte porte *ἀλετρεύουσι*, et le verbe *ἀλετρεύειν*, qui vient d'*ἀλετή*, pierre à moudre, signifie simplement moudre, et non tourner la meule.

Un passage de l'*Odyssée* pourrait également laisser supposer l'existence de la meule tournante. Dans le palais d'Ulysse, douze femmes *courent autour* (*επιρωομαι*) de chaque meule; mais cette expression indique, de la façon la plus générale, un mouvement violent qui se fait autour ou en vue d'un objet; peut-être n'indique-t-elle que l'activité qui règne dans cet atelier de mouture.

Enfin, l'*Iliade* nous montre Ajax brisant le bouclier de son ennemi en le frappant d'une pierre semblable à une meule ; elle nous raconte que, dans l'assaut du camp grec par les Troyens, les casques résonnaient, frappés par des pierres grosses comme des meules ; ces allusions ont d'ailleurs été reprises par Virgile, qui nous dépeint Hercule lançant des pierres de meules, *vastis molaribus instar*. Que peut-on déduire de ces citations ? Si les personnages d'Homère n'étaient pas des héros capables de porter et de lancer des pierres « que deux hommes, même les plus robustes, n'auraient pu hisser du sol jusqu'à un chariot », on pourrait croire que les pierres lancées par Hector, Ajax, etc., étaient grosses comme les molettes que Schliemann a retrouvées en si grand nombre à Hissarlik. Mais ils sont au-dessus de l'humanité moyenne et peuvent manœuvrer des pierres de grandes dimensions. Nous ne pouvons donc déduire de ces passages que les meules en usage étaient de petites meules semblables à celles de Hissarlik ; mais nous ne pouvons en déduire non plus qu'elles fussent de grande dimension.

Hésiode fait allusion à une aire bien courante, bien roulante, sur laquelle on écrase le grain. Mais cela n'indique rien sur la façon dont la meule supérieure agissait sur cette aire bien roulante.

Les monuments grecs ne nous renseignent guère, et j'ai consulté vainement M. Homolle, directeur de l'Ecole d'Athènes, M. Martha, M. Haussoullier, M. le Dr Mylones ; ces savants hellénistes n'ont pu me citer aucune représentation de moulins tournants dans la statuaire grecque.

J'ai été peut-être plus heureux ; car j'ai découvert (fig. 19) au musée du Louvre un disque en calcaire, provenant de l'île de Chypre, percé en son centre, et portant sur l'une de ces faces, légèrement creusée en entonnoir, des traces d'usure incontestables. Si la pièce n'était pas en calcaire, je n'hésiterais pas à la caractériser comme meule supérieure tournante, la plus ancienne que l'on connaisse ; mais il convient de faire remarquer que les habitants de l'île de Chypre n'avaient, pour la construction de leurs meules, que de la pierre calcaire. Or le disque est recouvert d'une inscription grecque, pour laquelle d'ailleurs la Conservation du Louvre l'a achetée, et cette inscription qui représente, paraît-il, une formule magique, est du ^{II} ou ^{IV} siècle avant Jésus-Christ.

Les auteurs latins qui ont précédé notre ère ne sont guère plus explicites que les auteurs grecs.

Caton qui vivait au ^{II} siècle avant Jésus-Christ, parle dans le *De Re rustica* de *molæ versatiles*, c'est-à-dire tournantes, de *molæ asinariæ* ; les ânes ne pouvaient que faire tourner la meule. Cependant quand on lit ce traité d'Économie rurale, on voit que Caton se préoccupait plus des olives que du blé ; les moulins dont il parle sont peut-être des moulins à olives (*trapetum*), qui, d'après M. Maspéro, semblent, en Orient du moins, avoir précédé les moulins à blé.

Plaute, à cette même époque [« après avoir, dit Aulu-Gelle, perdu dans des

entreprises de négoce l'argent qu'il avait gagné au théâtre, et se trouvant à son retour à Rome dans le plus complet dénuement, se loua à un boulanger, qui l'employa à tourner une meule ».

Les moulins à eau ont été, comme nous le dirons tout à l'heure, décrits par Strabon, Lucrèce, Vitruve ; mais rien ne nous affirme que ces moulins à eau,

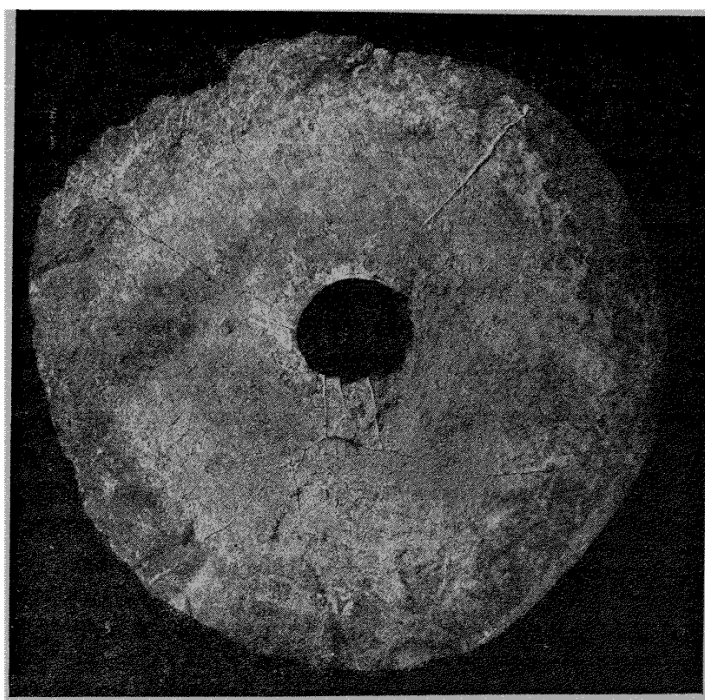


Fig. 19. — Disque en pierre calcaire (II^e ou IV^e siècle av. J. C.) trouvé dans l'île de Chypre.

comme le moulin que Plaute faisait mouvoir, fussent destinés à broyer l'olive ou le blé.

Ce n'est que postérieurement à l'ère chrétienne que les auteurs et les monuments nous donnent des témoignages indiscutables sur l'emploi des meules tournantes pour la mouture du blé.

Mais cet emploi devait être nouveau ; car il provoquait des plaisanteries ; Sénèque nous raconte que l'on a inventé le moulin en imitant l'action des dents sur le grain pendant la mastication, et Symphosius compose une énigme, que vous allez deviner aisément :

*Ambo sumus lapides ; una sumus, ambo jacemus ;
Quam piger est unus, tantum non segnis it alter.
Hic manet immotus ; non desinit illa moveri.*

« *Nous sommes deux pierres; nous sommes une et nous sommes couchées toutes deux* : les meules étaient horizontales, elles étaient donc bien meules à blé; les meules à olives étaient verticales; *Autant l'une est paresseuse, autant l'autre déploie son activité; celle-ci reste immobile*, (c'est la gisante), *celle-là ne cesse de se mouvoir* (c'est la meule courante).

Mais le meilleur des témoignages est l'existence même, dans les ruines de Pompéi, de moulins en bon état de conservation qui n'auraient à subir que quelques réparations pour fonctionner aujourd'hui. Pompéi a été enfoui sous les cendres du Vésuve en 79 après Jésus-Christ; nous avons donc là un document, dont le lieu et l'époque nous sont connus.

Le moulin romain se composait de deux meules (fig. 20); la meule inférieure, la *meta*, était conique; la meule supérieure, le *catillus*, avait la forme d'un sablier, d'un double entonnoir; l'entonnoir inférieur coiffait la *meta*, l'enton-

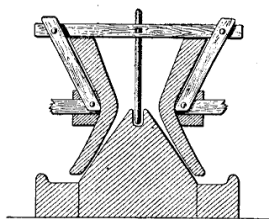


Fig. 20. — Coupe théorique d'un moulin romain.

noir supérieur servait à recevoir le grain, qui allait s'engager entre les deux surfaces broyantes des meules. Dans la partie étranglée du catillus, on ménageait à la taille deux boitards dans lesquels on faisait entrer les leviers; ceux-ci étaient chevillés, et l'on aperçoit sur tous les spécimens, qui nous ont été conservés, le trou dans lequel la cheville fixait le levier; ce sont ces leviers que poussaient devant eux les esclaves; de là le nom de *mōlæ trussatiles*.

Mais les deux surfaces broyantes n'étaient pas en contact; si les deux meules avaient frotté l'une sur l'autre, aucune force humaine ne serait parvenue à faire mouvoir le catillus. Celui-ci devait donc être suspendu au dessus de la *meta*, comme la meule supérieure est de nos jours suspendue au-dessus de la meule gisante.

Overbeck, puis Mommsen et Marquardt ont admis que l'on scellait, pour obtenir ce résultat, à l'intérieur, dans l'étranglement du catillus, une plaque de fer perforée, munie au centre d'un large trou dans lequel passait un goujon vertical, fixé lui-même à la partie supérieure de la *meta*.

Il est possible que ce dispositif ait existé; un dessin publié par Pasqui, représentant une meule découverte dans la maison de Bosco-Reale, semblerait le prouver. Mais, dans les catillus que j'ai vus, et spécialement dans ceux de Pompéi, on n'aperçoit pas trace du scellement que l'interposition de cette plaque aurait nécessité.

Je crois donc plus rationnel d'admettre que le catillus était en équilibre au-dessus de la *meta*, grâce à un système de bâtis que les bas-reliefs, dont il sera tout à l'heure question, nous permettent de reconstituer. Dans les boitards mêmes, ou sur les leviers de bois, qui sortaient de ces boitards, on fixait

deux pièces de bois également, qui remontaient le long du catillus, et étaient, à la partie supérieure, reliées par une poutre centrale; au milieu de cette poutre, était calé un axe probablement en fer qui, à l'extrémité opposée, reposait dans une crapaudine, creusée au sommet de la méta.

Rien n'est plus simple que de confirmer cette étude théorique du moulin romain par des exemples.

Je vous conduirai tout d'abord à Pompéi, dans les *Forni publicci* (fig. 21).

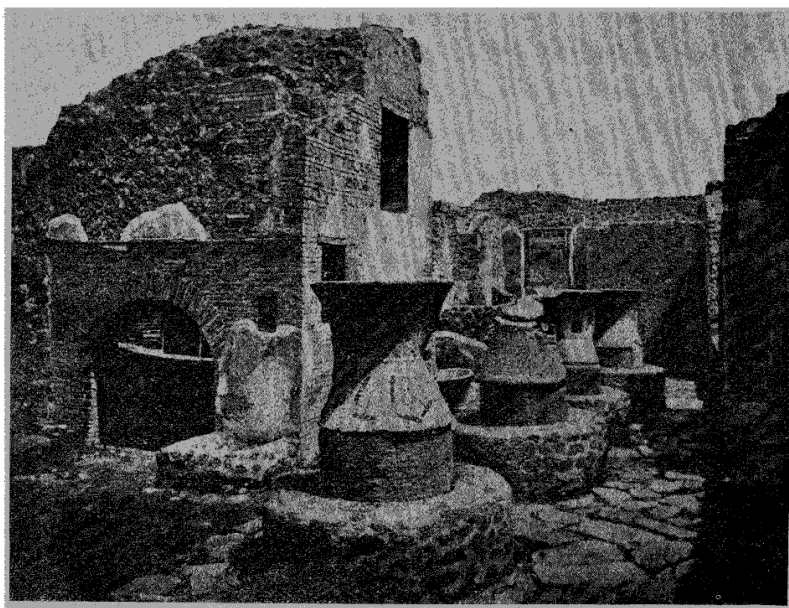


Fig. 21. — Forni publicci à Pompéi.

Voici les meules, telles que je viens de vous les décrire, la meta, le catillus, les boitards des leviers; la boiserie et l'axe en fer ont naturellement disparu. A côté des meules, est le four, très analogue, vous le voyez, à nos fours actuels; au-dessus, une pièce, le *fumarium*, chauffée par le rayonnement du four, où l'on faisait sécher le linge et les légumes.

De la boulangerie industrielle, nous passons à la boulangerie domestique; nous sommes dans la *casa di Sallustio* (fig. 22), où les paires de meules sont moins nombreuses; on aperçoit au fond un four, muni de sa cheminée.

On retrouve ces moulins dans toutes les contrées qui ont été soumises à la domination romaine.



Renan a rencontré en Phénicie deux pierres dont l'une est une méta,



Fig. 22. — Casa di Sallustio à Pompéi.

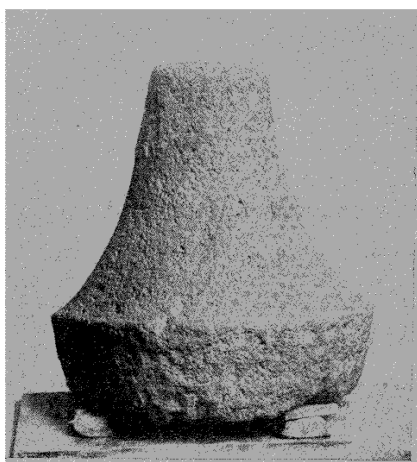


Fig. 23. — Méta de moulin romain trouvé en Tunisie (Musée du Louvre.)

rayonnée, l'autre un fragment de catillus.

Les spécimens de moulins de ce genre abondent en Algérie et en Tunisie; ils ont été signalés près de Philippeville par Delamarre (Musée du Louvre, fig. 23, 24), à Henchir el Heubda, par M. Saladin, à Timgad, à Saint-Charles, près de Constantine (fig. 25). Ce dernier, dont la gravure a été publiée par M. Salomon Reinach, offre cette particularité qu'il est établi au milieu d'une auge qui servait à recueillir les produits de la mouture.

Jusqu'ici, nous ne nous sommes pas occupés des moteurs; on employait à

la meule les esclaves et, le plus souvent, les condamnés; on leur rendait

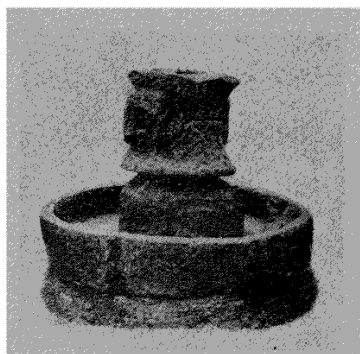


Fig. 23. — Moulin romain trouvé à Saint-Charles (Algérie).

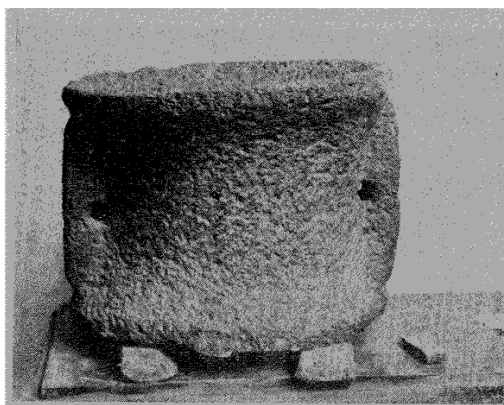


Fig. 24. — Catillus de moulin romain, trouvé en Tunisie (Musée du Louvre.)

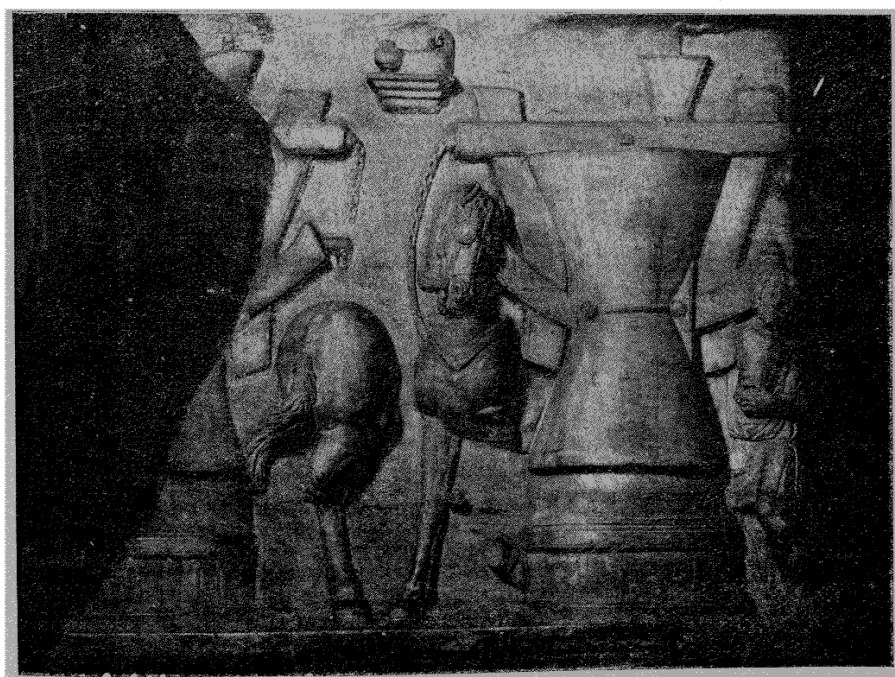


Fig. 26. — Bas-relief. (Musée Chiaramonti.)

le travail encore plus pénible en les chargeant de chaînes, en leur impo-

sant une sorte d'entrave, qui les empêchait de porter la farine à leur bouche.

Mais quand le moulin était de grande dimension, c'est aux bêtes de somme, aux ânes, que l'on demandait la force nécessaire à la rotation de la meule, de là les noms de *molæ jumentariæ*, *asinariæ*. Ceux-ci ne se reposaient qu'au moment des fêtes de Vesta, que les boulangers célébraient le v^e jour des ides

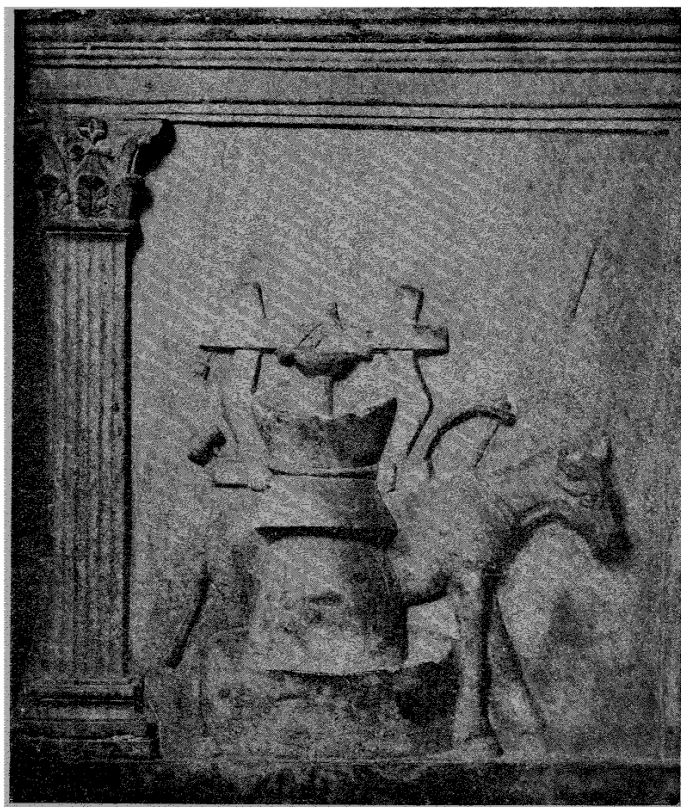


Fig. 27. — Bas-relief. (Musée Chiaramonti.)

de juin; Ovide nous apprend que ce jour-là les « ânes étaient couronnés de fleurs, et que des guirlandes fleuries voilaient les meules dures ».

Nous possédons de nombreuses représentations d'animaux se consacrant au travail de la mouture.

J'ai fait photographier et reproduire ici deux bas-reliefs du Musée Chiaramonti, à Rome.

L'un représente deux moulins de très grande dimension, mus par des che-

vaux (fig. 26). La méta est rayonnée, et rayonnée dans la direction que les produits de la mouture tendent à suivre, entraînés par le mouvement de rotation du catillus. Le catillus porte ses boitards, ses pièces de bois, et l'on aperçoit au centre de la traverse la goupille qui fixe l'axe vertical. Il est assez difficile de reconnaître de quelle façon le cheval est attelé : on constate qu'une chaîne s'attache à la traverse supérieure du moulin, mais son collier doit être égale-



Fig. 28. — Bas-relief d'un sarcophage. Villa Médicis.

ment relié à l'un des leviers. Au-dessus du catillus est une pièce conique qui, pour moi, est un *engraineur* : cette pièce accessoire du moulin devait être une caisse dont le fond portait un orifice qu'une tige de bois pouvait fermer ; une corde était fixée à l'extrémité de cette tige. Quand le meunier jugeait que la vitesse de rotation du catillus était atteinte, il tirait la corde et engrainait sa meule. Enfin, une lampe disposée contre le mur nous apprend ou bien que le moulin était établi dans des pièces obscures, dans des celliers, ou bien que l'on travaillait la nuit.

Le second bas-relief du musée Chiaramonti (fig. 27) nous présente un moulin plus modeste; il est tourné par un âne. La méta est encore rayonnée, mais de stries dirigées suivant les génératrices. L'axe qui porte le catillus semble former au-dessous de la traverse une sorte d'épaulement. Il est possible que l'on ait adopté ce dispositif pour permettre de glisser, entre cet épaulement et la traverse, des coins destinés à relever ou abaisser la meule supérieure par rapport à la méta, et de faire des farines de grosseurs et de qualités différentes; le marteau, représenté sur le bas-relief, servait peut-être à introduire ces coins; peut-être servait-il aussi à rayonner la meule; c'était ce que l'on appelle aujourd'hui le *marteau à rhabiller*. Je voudrais appeler encore votre attention sur une

sonnette qui est suspendue à l'extrémité de la traverse. Cette sonnette, *tintinnabulum*, cessait de se faire entendre quand l'âne ralentissait sa

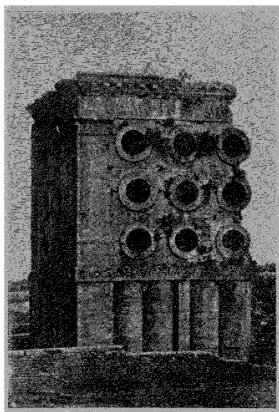


Fig. 29. — Monument du boulanger Eurysaces à Rome.

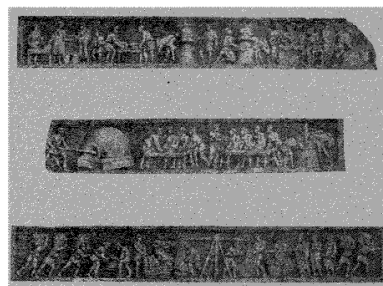


Fig. 30. — Frise du monument du boulanger Eurysaces.

marche, et un vigoureux coup de fouet, du fouet qui est figuré sur le mur, suffisait pour le rappeler à son devoir. D'ailleurs, dans le bas-relief précédent, on voit attaché à la traverse également un objet qui ressemble à un grelot. L'emploi de la sonnette avertit encore aujourd'hui le meunier quand « son moulin va trop vite » ou quand il va trop lentement.

J'ai fait photographier également à la Villa Médicis à Rome (fig. 28) un bas-relief, provenant d'un sarcophage, où l'on voit représenter un cheval tournant un moulin. Au-dessus du catillus se trouve encore une trémie, qui doit servir d'engraineur.

Il existe à Rome (fig. 29) un monument que le boulanger Eurysaces s'était fait construire pour son tombeau; ce boulanger était *adjudicataire* de la fourniture du pain dans trois décuries romaines et il s'était enrichi dans son entreprise. Nous ne rechercherons pas la cause de cette fortune; dans le cas même où celle-ci eût été injustement acquise, nous ne devrions pas lui en tenir rigueur

car la frise qui couronne le monument nous explique toutes les phases de la vie du boulanger (fig. 30). Celui-ci achète d'abord son blé, le passe au crible, puis le moule. Les *inquisitores*, c'est-à-dire les fonctionnaires (je vous ferai remarquer qu'ils sont quatre, pour contrôler le travail de deux malheureux meuniers), inscrivent les quantités de farine sorties du moulin; la farine est blutée, puis délayée dans une auge, à l'intérieur de laquelle un agitateur est mû par un cheval; c'est le premier pétrin mécanique. Des hommes étalent de la pâte sur des tables, la pétrissent et la tournent, puis un boulanger la met au four. La dernière scène représente la vente du pain; les serviteurs arrivent avec leurs corbeilles pleines : le pain est pesé, contrôlé par de nouveaux *inquisitores*, et emporté au dehors.

Quand on fouille les stations gallo-romaines, on trouve des meules, moins coniques que celle dont je viens de parler, plus plates, en outre plus petites et par conséquent plus maniables.

Il est assez difficile de savoir si les Romains, en arrivant en Gaule, ont rencontré ces sortes de meules; je ne le crois pas; car s'ils les avaient rencontrées, ils n'auraient pas manqué d'en comprendre les avantages et de s'en servir; ils n'auraient pas construit en Gaule, avec les pierres du pays où ils se trouvaient, des moulins encombrants du genre de ceux de Pompéi. Or le musée d'Amiens possède une méta et un fragment du catillus correspondant qui ont été découverts en 1881 dans une rue de cette ville; il possède en outre un catillus qui a été coupé en deux; les deux entonnoirs, appliqués l'un contre l'autre, servaient de sépulture à un boulanger. Or ces pièces sont en grès de Picardie; le moulin a été taillé sur place (fig. 31).

Ce qui me confirme dans l'idée que la meule dite gallo-romaine ne préexistait pas en Gaule, au moment de la conquête romaine, et qu'elle est bien le résultat de la transformation du moulin romain, c'est que l'on rencontre, dans plusieurs localités, des moulins d'un type intermédiaire, d'une forme de transition.

Les deux catilli figurés ci-contre (fig. 32-33) ont été trouvés l'un à Cham-



Fig. 31. — Moulin romain trouvé à Amiens (Musée d'Amiens), d'après une photographie de M. de Valois.

béry (musée de Chambéry), l'autre à Marseille (musée Borély). La partie travaillante de ces catilli est beaucoup moins conique que celle des catilli de Pompéi; de plus l'entonnoir supérieur est supprimé, et remplacé par une ouverture cylindrique, servant d'ceillard. Les deux oreilles de la meule sont saillantes;

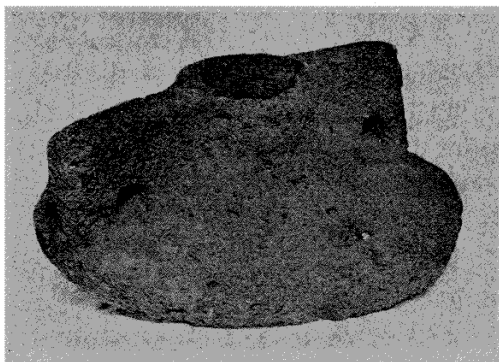


Fig. 32. — Catillus de moulin romain trouvé à Chambéry. (Musée de Chambéry.)

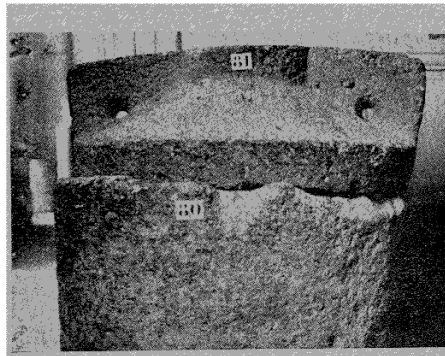


Fig. 33. — Catillus de moulin romain trouvé à Marseille. (Musée Borély.)

elles portent des trous dans lesquels on passait les leviers. Il y avait donc, dans la façon dont on comprenait le moulin à cette époque, une certaine uniformité, puisqu'on retrouve le même spécimen dans deux contrées très éloignées.

J'ai vu au musée d'Innsbruck un moulin dont la meule supérieure est une pierre haute de 15 centimètres environ, dans l'épaisseur de laquelle est creusé un double entonnoir, à parois très évasées, et qui représente en réalité un catillus romain très aplati.

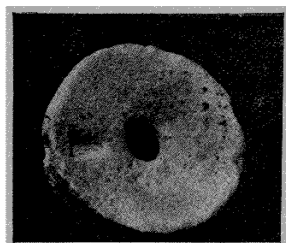


Fig. 34. — Meule supérieure gallo-romaine trouvée à Jort (Calvados). (Musée de Caen.)

Les meules gallo-romaines abondent dans notre pays, et sont conservées dans presque tous nos musées nationaux (Saint-Germain, Cluny, Carnavalet, musées de Caen, de Rouen, d'Amiens, de Moulins, etc.).

Certaines de ces meules ont de 40 centimètres à 50 centimètres de diamètre; ce sont des meules à main. Un trou, pratiqué sur le côté (fig. 34), permettait de loger un bâton au moyen duquel on faisait tourner la meule. Quelquefois, la partie supérieure de la meule courante portait un anneau; on attachait au plafond une tige de bois, dont l'extrémité, terminée par un crochet, venait saisir l'anneau de la meule; on communiquait alors à la tige un mouvement de rotation conique, qui entraînait la meule supérieure; ce mode de transmission était en usage au moyen âge.

D'autres présentent un diamètre plus considérable et mesurent jusqu'à 70 et 80 centimètres; ces meules étaient trop larges pour être mues à bras; elles recevaient leur mouvement d'une transmission mécanique; c'étaient des meules de moulins à eau. On retrouve d'ailleurs, au centre des meules inférieures de ces moulins, un orifice cylindrique à travers lequel passait le *fer de meule*, et, sur

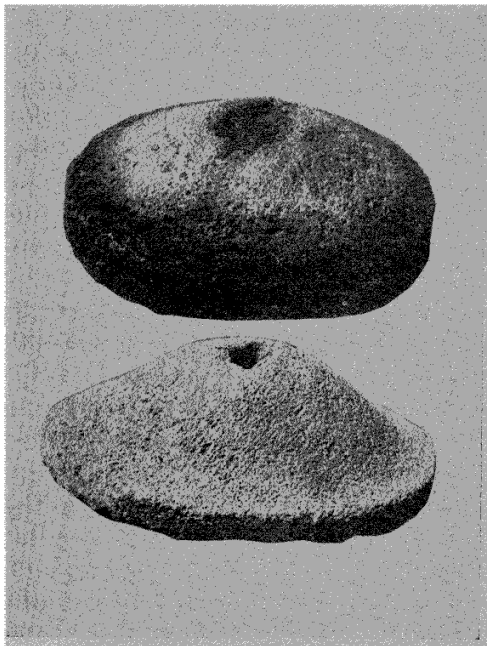


Fig. 35. — Meules gallo-romaines trouvées près de Clermont-Ferrand.

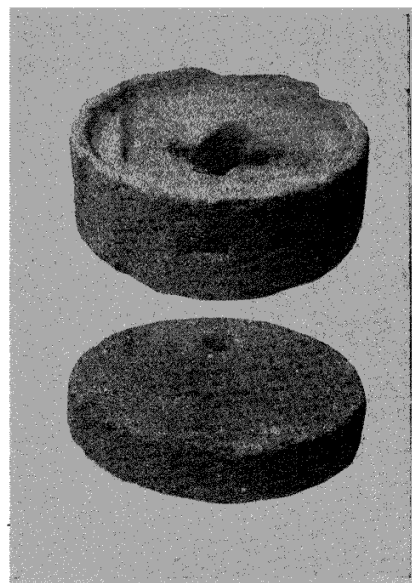


Fig. 36. — Meules gallo-romaines trouvées près de Clermont-Ferrand.

les meules supérieures, un œillard entaillé en croix et dans lequel était scellée l'*anille*.

La forme des meules était encore conique; la partie supérieure de la meule courante était tantôt convexe (fig. 35), c'est-à-dire à peu près parallèle à la surface broyante, tantôt plate, munie de rebords (fig. 36), formant une sorte de plateau sur lequel on accumulait les grains qui étaient sur le point d'entrer dans l'œillard.

La surface travaillante des deux meules était en général brute, simplement taillée; les seules rugosités étaient celles que la nature de la pierre comportait. Mais quelquefois, on déterminait au marteau, pour permettre à la meule de mieux mordre le grain, des aspérités disposées sous forme de zones circulaires,

d'autant plus fines et plus resserrées qu'elles se rapprochaient de la périphérie (musée de Saint-Germain (fig. 37), musée Carnevalet, etc.).

J'ai été fort étonné de trouver au musée de Saint-Germain des meules gallo-romaines dont la surface est rayonnée, non pas suivant les rayons géométriques, mais suivant les tangentes à un cercle intérieur, qui, dans le cas actuel, repré-

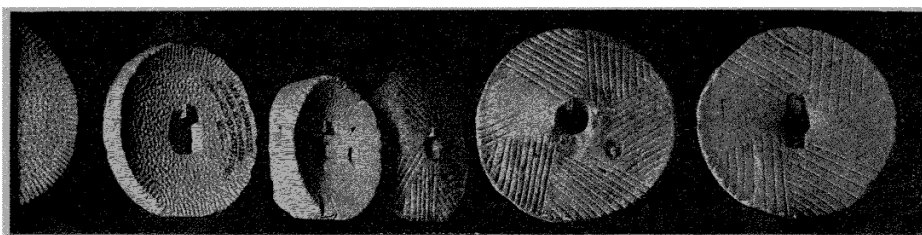


Fig. 37 et 38. — Meules gallo-romaines. (Musée de Saint-Germain.)

sente à peu près le cercle de l'œilard (fig. 38). Les meules comportent des grands rayons, et des petits rayons qui leur sont parallèles. Bref, elles se présentent rayonnées suivant le même principe que nos meules modernes, c'est-à-dire suivant le principe que les constructeurs anglais nous ont donné comme nouveau en 1828.

On trouve enfin dans nos musées grand nombre de meules en poudingue

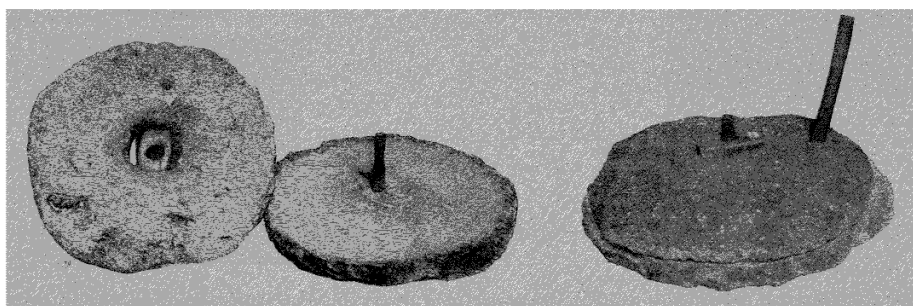


Fig. 39. — Meules de la haute Égypte.

Fig. 40. — Moulin de la haute Égypte

(Musées de Caen, de Rouen, d'Amiens, etc.) qui ont la forme d'une demi-lentille, percée d'un trou central, destiné certainement à l'introduction du grain ; elles possèdent un diamètre de 30 à 50 centimètres ; la surface plane de la lentille présente des traces indiscutables d'usure ; elles ont donc travaillé sur cette face et non sur la face demi-cylindrique. Quelques-unes portent un trou latéral, dans lequel on enfonçait le bâton de commande ; mais d'autres n'en portent pas, et il

faut admettre alors qu'on les faisait tourner autour de leur centre, en appliquant les deux mains sur leur surface.

Nous avons rencontré tout à l'heure l'usage de la pierre plate pour la mouture du grain, chez les peuplades encore sauvages; nous allons y retrouver l'emploi moderne de la meule à main.

De nombreux voyageurs ont signalé cet emploi de la meule à main dans les régions les plus diverses; en Europe même, en Russie, en Suède, en Norvège, en Irlande, en Écosse, en Islande; en Palestine, en Perse; aux Indes; en



Fig. 41. — Mouture du blé à Tuggurt (Algérie).

Algérie, en Tunisie, en Egypte, au Maroc, au Zambèze, etc. Je puis d'ailleurs vous présenter un certain nombre de documents intéressants dans cet ordre d'idées.

Notre collègue M. Livache, voyageant un jour dans la haute Égypte, rencontra, à Assouah, une femme qui était occupée à broyer son grain; il lui acheta sa meule, la rapporta et en fit don au Conservatoire des Arts et Métiers; c'est la meule dont la photographie est reproduite ici (fig. 39-40). La surface en est presque plate; au centre de la meule inférieure est un goujon vertical; l'œillard de la meule supérieure est traversé par une pièce de bois, percée d'un trou dans lequel passe le goujon et qui représente l'anille de nos meules modernes. Un bâton fixé sur le côté permet de faire tourner la meule.

Je vous ai fait voir le moulin, je vais vous faire voir les meuniers ou les meunières. Voici d'abord un couple photographié à Tuggurt (cercle de Biskra) (fig. 41) ; ce couple est attelé à une meule, pour y moudre du blé dur, destiné à la préparation du kouskous. Les opérateurs se placent de façon à avoir la meule entre les jambes, le bâton est attaché sur le côté de la meule courante ; mais la meule est trop large pour que le bras de chacun d'eux puisse accompagner ce



Fig. 42. — Mouture du grain au Maroc.

bâton dans toute sa course circulaire ; l'un des ouvriers abandonne le bâton, quand il se trouve hors de sa portée et le reprend quand il revient à lui ; chacun par conséquent lui imprime le mouvement pendant la moitié de sa rotation. La meule et ses compagnons sont placés sur un cuir, destiné à recueillir la farine qui s'échappe.

Souvent la meule est disposée à l'intérieur d'une corbeille ; il en est ainsi dans cette photographie (fig. 42), qui représente une riche Marocaine surveillant sa servante ; celle-ci est peut-être bonne meunière ; mais elle est avant tout bonne nourrice. La meule y est de petite dimension et un seul opérateur suffit pour la faire mouvoir.

Il en est encore ainsi dans le cas représenté ici (fig. 43). La meule que tourne cette belle meunière rappelle par sa forme extérieure la partie basse du catillus romain; mais la surface broyante des deux meules n'est pas conique; elle est au contraire absolument plate, et la meule supérieure est en réalité une molette, semblable à celle dont on fait usage pour broyer les couleurs. Nous possédons des spécimens de ces meules au Musée ethnographique du Trocadéro.



Fig. 43.

III. — L'adaptation de la transmission mécanique à la rotation du moulin représente, dans l'histoire de la meunerie, un très réel progrès; car elle a entraîné non seulement des modifications économiques dans l'industrie de la mouture, mais elle a eu une réelle influence sur la forme définitive que la meule moderne devait revêtir.

Toute transmission mécanique implique l'idée d'un moteur, et c'est du moteur dont nous allons nous occuper tout d'abord. On a proposé comme moteur la force de l'homme, la force des animaux, la force de l'eau, la force du vent; quant à l'application de la vapeur, elle est toute moderne et n'a pas d'histoire.

L'homme a-t-il été employé pour transmettre mécaniquement sa force au

moulin ? Cela est possible ; mais, en tout cas, les documents que nous possédons à ce sujet présentent une certaine invraisemblance.

La gravure ci-contre a été extraite du Livre de Strada, dont j'ai parlé tout à l'heure (fig. 44) ; un homme agit sur un long levier horizontal qui, au moyen d'une bielle articulée, communique un mouvement de rotation à une roue dentée ;

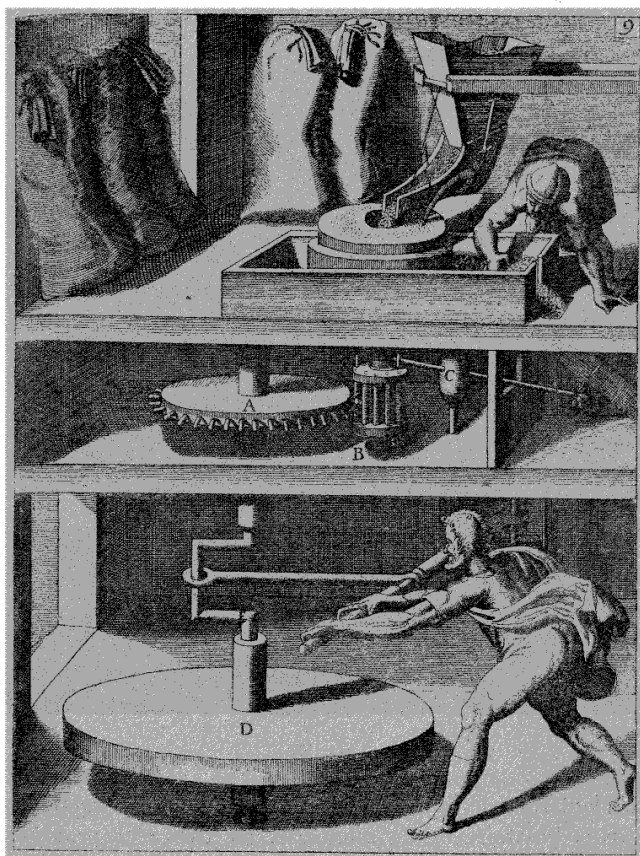


Fig. 44.

celle-ci engrène sur une *lanterne*, c'est-à-dire un pignon, et cette lanterne, traversée par le fer de meule fait tourner le moulin. Je dis que cette gravure comporte une certaine dose de fantaisie : Pour faire tourner une meule moderne de 140 centimètres de diamètre, à une vitesse de 110 à 120 tours, il faut environ quatre chevaux. Si l'on admet que cette meule doive tourner à cette même vitesse, qui est nécessaire à la bonne marche du travail, et si l'on admet que cette

meule ne mesure que 80 à 90 centimètres, et pèse deux fois moins que la meule de 140, on arrive à cette conclusion, que cet homme doit posséder la force de deux chevaux-vapeur.

Je ne vous aurais pas montré cette seconde gravure (fig. 45), qui présente une transmission mécanique semblable à la précédente, si elle ne nous montrait pas

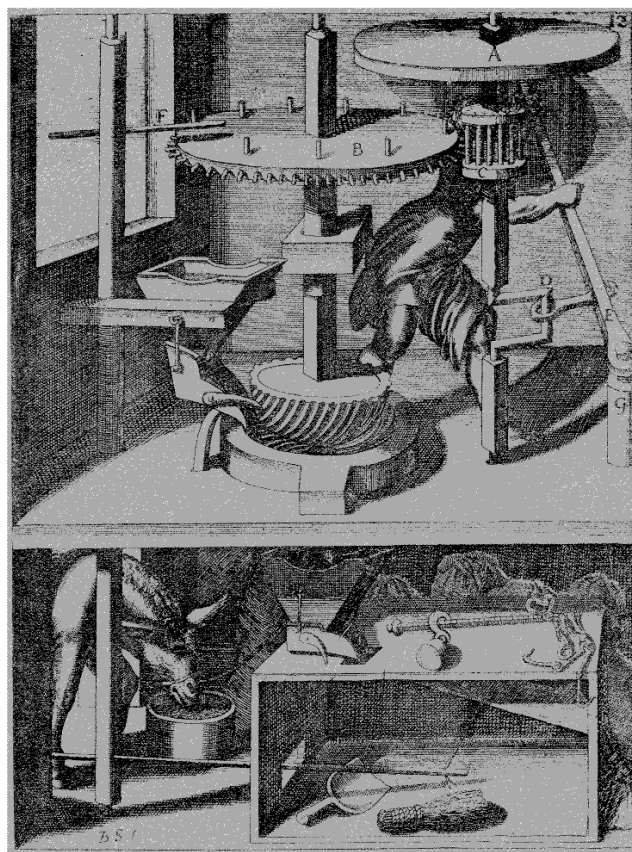


Fig. 45.

un moulin d'un nouveau genre, que nous n'avons pas encore rencontré jusqu'ici. Ce moulin se compose d'une auge rayonnée à l'intérieur, dans laquelle agit une molette rayonnée également. Ce genre de moulin a dû être proposé, ou même a servi à la mouture du blé; car la gravure place au dessous du moulin le bluteau, et contre ce bluteau un âne qui mange le son. Il est fort possible que le moulin à noix, et plus spécialement le moulin à café, tire son origine de ce moulin. On vend en Bretagne des moulins de ce genre pour le broyage

du sarrasin. L'anse et la molette sont en bois, et les saillies des rayures sont armées de lames de fer. C'est peut-être à un appareil analogue que Pline faisait allusion, quand il disait qu'en Etrurie on employait un pilon garni de

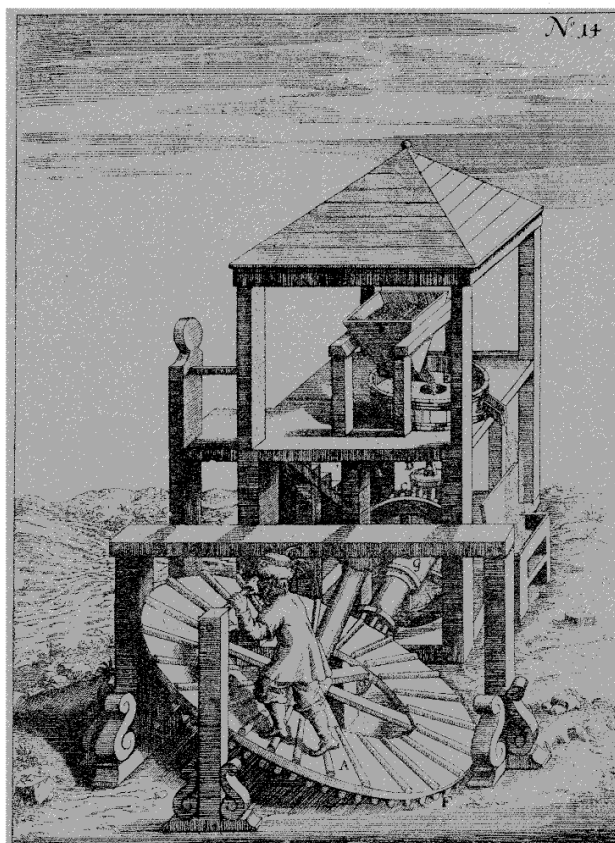


Fig. 46.

fer à son extrémité, une tige dentelée et une étoile dentelée à l'intérieur (*Stella intus denticulata*).

On ne demandait pas seulement à l'homme la force de ses bras, on lui demandait la force de ses jarrets. Voyez ce malheureux condamné (fig. 46) à tourner le moulin; il s'accroche à une barre horizontale; il marche sur un plateau, mobile autour de son axe et qui se dérobe à tout instant sous ses pieds. Là, plus encore que tout à l'heure, il y a une disproportion criante entre la force du moteur et la résistance du matériel que celui-ci doit faire tourner.

Quelquefois les hommes étaient enfermés à l'intérieur d'une roue (fig. 47), dans laquelle ils cherchaient à s'élever, et dont ils déplaçaient à tout instant la position d'équilibre. Le mouvement de la roue se transmettait par une double multiplication à l'axe du moulin. Ce procédé est bien ancien, et on le retrouve

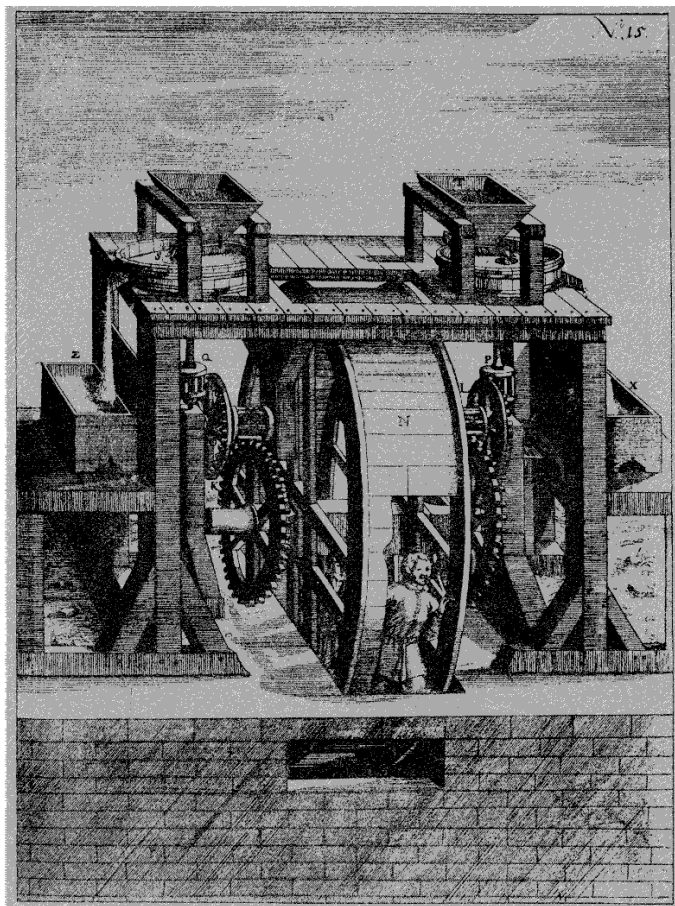


Fig. 47.

encore aujourd'hui, appliqué à l'exploitation des carrières de pierres dans les environs d'Arcueil.

Enfin on découvre encore, parmi les procédés qui ont pu être proposés pour faire tourner le moulin, le système que l'on applique aujourd'hui pour tourner les aiguilles de l'horloge ou la broche sur laquelle la volaille se rôtit. Des hommes déployaient leur force à enrouler sur un treuil (fig. 48) de longues

cordes à l'extrémité desquelles étaient fixés des poids; pour permettre à ces poids d'exécuter une plus longue course, on creusait même dans le sol des puits dans lesquels ils s'enfonçaient; quand les poids étaient ainsi remontés au niveau du treuil, on les laissait descendre, et le déroulement des cordes, sur le treuil, mettait le moulin en mouvement; j'ai vu que ces procédés ont été

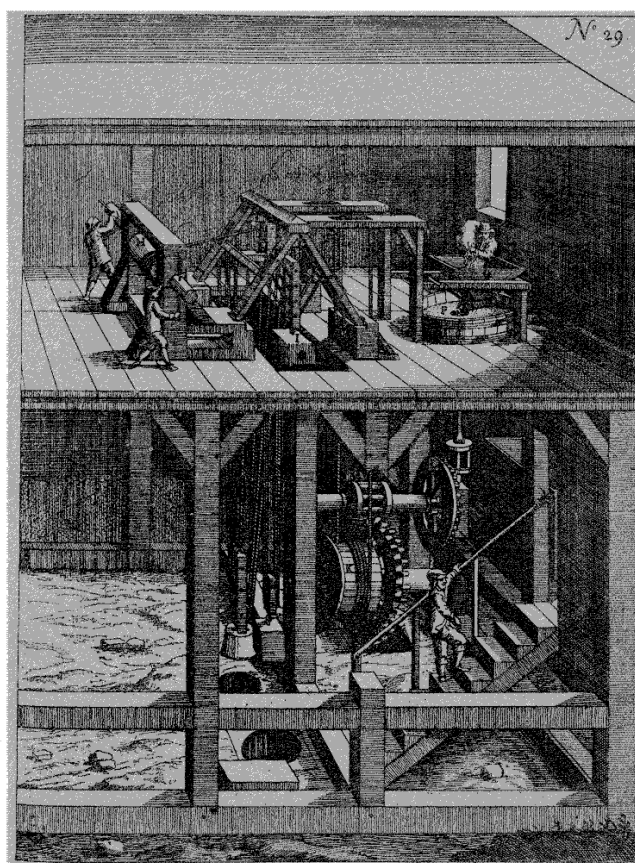


Fig. 48.

employés à Milan; je m'en étonne; car je ne sais pas quel avantage on retire à faire travailler les hommes pendant que le moulin reste inactif, et à faire tourner celui-ci, quand-ceux là se reposent; il me semble qu'il serait plus simple de commander directement le moulin.

Ces gravures, que je viens de faire passer sous vos yeux, sont fort intéressantes; mais, comme je le disais tout à l'heure, elles représentent ce que l'on pouvait faire plutôt que ce que l'on faisait; il faut les considérer comme les

inventions d'un ingénieur plein d'imagination, mais manquant souvent de l'instruction que possède aujourd'hui le dernier ouvrier mécanicien.

Un grand nombre de gravures de ce livre de Strada représente des moulins mus mécaniquement par des animaux. Voici d'abord un cheval (fig. 49), qui,

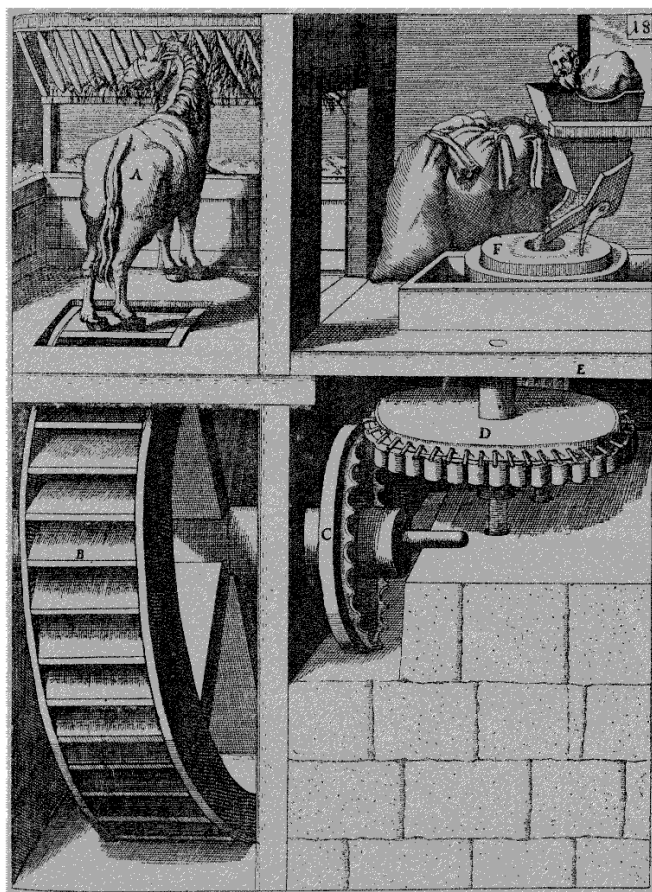


Fig. 49.

attaché à son râtelier, a les deux pattes de derrière sur une roue à aubes ; sous le poids de l'animal, la roue se déplace, et celui-ci est sans cesse obligé de piétiner pour conserver son équilibre. Je considère cette gravure comme fort intéressante ; car elle est peut-être l'origine d'une invention moderne ; vous avez certainement remarqué, dans nos concours agricoles, des machines à battre qui sont mues de la même façon ; le cheval est placé sur un plan incliné, à la surface duquel se déroule une toile sans fin. Ce dispositif offre, sur celui que la gravure

représente, l'avantage que le cheval y fait fonctionner ses quatre jambes ; je ne crois pas que l'animal de notre gravure pourrait marcher de ses jambes de derrière, tout en restant immobile sur ses jambes de devant.

Enfin voici le manège, que nous retrouvons encore aujourd'hui ; il est repré-

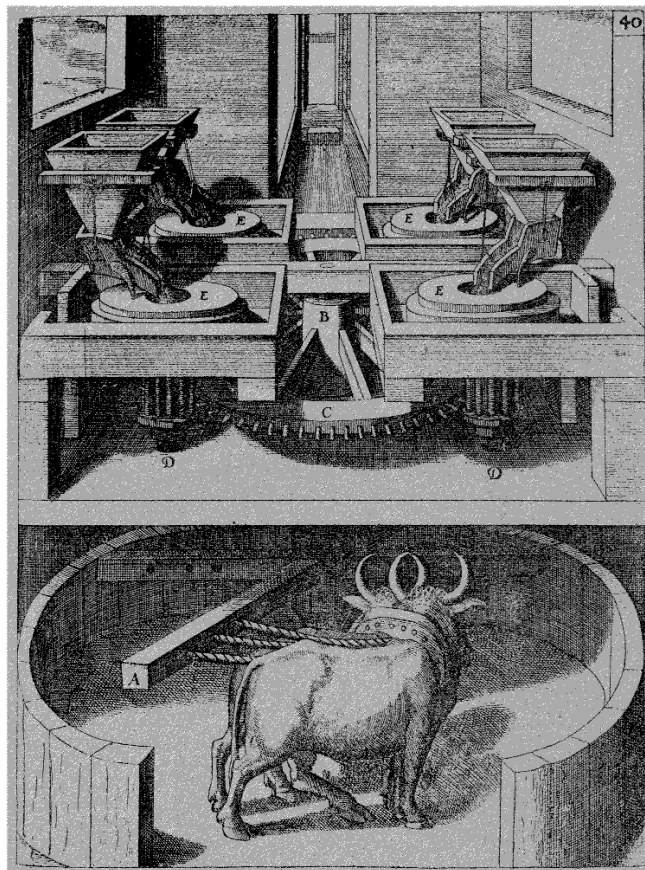


Fig. 50.

senté mû tantôt par des chevaux, tantôt par des bœufs. Mais l'imagination de Strada va toujours au delà des projets réalisables, et les deux bœufs dessinés ici (fig. 50) ne se contentent pas de tourner une meule, ils en tournent quatre à la fois ; une grande roue dentée engrène sur quatre lanternes.

Mais je me hâte de quitter ces conceptions quelque peu fantaisistes, pour me trouver en face d'une réalité, le *moulin à eau*, qui a joué et joue encore un si grand rôle dans l'industrie qui nous occupe.

Il est évident, qu'au début du 1^{er} siècle avant J.-C., le moulin à eau existait. Mais la chose était nouvelle ; car Strabon cite comme un fait remarquable qu'il existait à Cabires, ville du Pont-Cappadocien, près du palais de Mithridate, un moulin à eau.

Une épigramme d'Antipater nous apprend qu'à la fin de ce siècle également, le moulin à eau venait d'être introduit en Grèce. Cette épigramme est si élégante et en même temps si précise, que je me permettrai de vous en lire la traduction qu'en donne Jacobs, d'après le manuscrit palatin :

« Femmes occupées jusqu'ici à moudre, ne fatiguez plus vos bras. Dormez la longue matinée et laissez la voix du coq vous annoncer l'arrivée prochaine du jour. Cérès a ordonné aux Nymphes de remplacer l'ouvrage de vos mains ; aussitôt, elles se sont élancées au sommet des roues pour faire tourner l'essieu à l'aide des rayons qui l'entourent, entraînant dans leur course quatre meules creuses et pesantes. L'âge d'or renaît donc pour nous, puisque, sans travail et sans peine, nous jouissons des dons de Cérès. »

Lucrèce parle de roues que l'eau faisait agir et d'augets fixés à l'extrémité des rayons.

Vitruve, son contemporain, décrit le moulin à eau tel, pour ainsi dire, que nous le connaissons aujourd'hui : « Sur l'axe horizontal de la roue à aube, se trouve une roue dentée (*tympanum dentatum*) qui tourne en même temps que la roue (*versatur cum rota pariter*). Cette roue verticale engrène (*continetur*) sur une autre disposée horizontalement, plus grande que la première, et qui donne aux meules leur mouvement circulaire. »

Des moulins à eau se construisirent de tous côtés et se montrèrent assez nombreux en Italie, aux IV^e et V^e siècles, sous les règnes d'Honorius et d'Arcadius, pour que la loi s'en fût préoccupée. On les établissait, non sur les fleuves et les grandes rivières, mais sur les ruisseaux et les aqueducs. Procope, qui est mort en 565, nous montre des moulins construits sur le Janicule et mus par les eaux des aqueducs. Ce fut vers cette époque, en 537, que Bélisaire, assiégé dans Rome par Vitigès, roi des Ostrogoths, apprenant que l'ennemi venait de couper l'eau qui alimentait les moulins de Rome, « fit attacher deux câbles aux deux bords du Tibre, au-dessous du pont, et il retint, avec les câbles, deux grands bateaux, à deux pieds de distance l'un de l'autre, à l'endroit où l'eau sort avec le plus de violence de dessous la grande arche ; puis il posa les meules sur les bords des deux bateaux et mit la machine qui les fait tourner. Il disposa plusieurs bateaux et plusieurs machines de la même façon, lesquelles l'eau faisait tourner, de sorte qu'elles fournissaient assez de farine pour la nourriture de Rome. Les Goths, ayant été avertis de cette invention de Bélisaire, jetèrent sur la rivière quantités d'arbres et de corps morts, qui suivaient le fil de l'eau et tombaient dans les moulins, en arrêtant le travail. Mais ce général, pour y remédier, atta-

cha de grandes chaînes au-dessus qui retenaient les corps morts et les arbres. »

Don Quichotte eût trouvé qu'il n'avait pas été le premier à se battre contre des moulins, et il aurait constaté que ceux-ci se défendaient bien.

De l'Italie, les moulins se sont répandus en France; la loi salique, édictée sous Dagobert I^{er} (628-638), en fait mention.

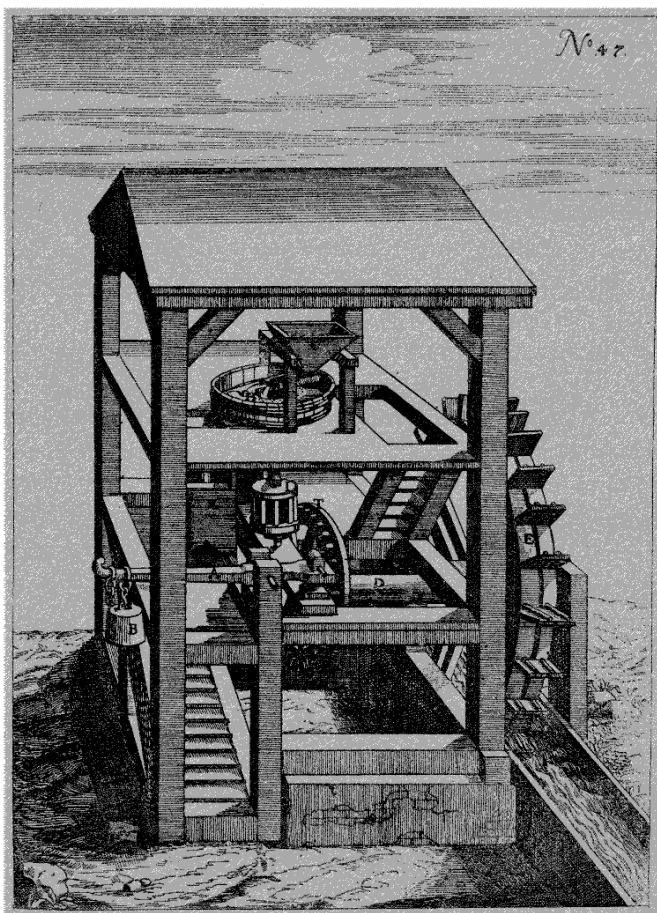


Fig. 51.

Le moulin à eau est parvenu jusqu'à nous; on retrouve dans les écrits de la Renaissance, pour désigner les différentes parties du moulin, les termes dont nous nous servons encore aujourd'hui; les gravures du livre de Strada sont identiques à celles publiées au xviii^e siècle dans le *Théâtre de l'agriculture* de l'abbé Rozier, dans le *Theatrum machinarum* de Van Zyl (1761), dans le *Groot volkomen Moolenbrock* (1734), dans la Grande Encyclopédie (fig. 51). La roue à

aubes peut être mue par dessous, c'est-à-dire que le courant d'eau, dans lequel elle baigne par sa partie inférieure, pousse les palettes devant lui et oblige, par conséquent, la roue à tourner dans le sens opposé à sa direction. Dans d'autres cas, l'eau tombe sur les aubes, à la partie supérieure de la roue ; c'est ce qui se

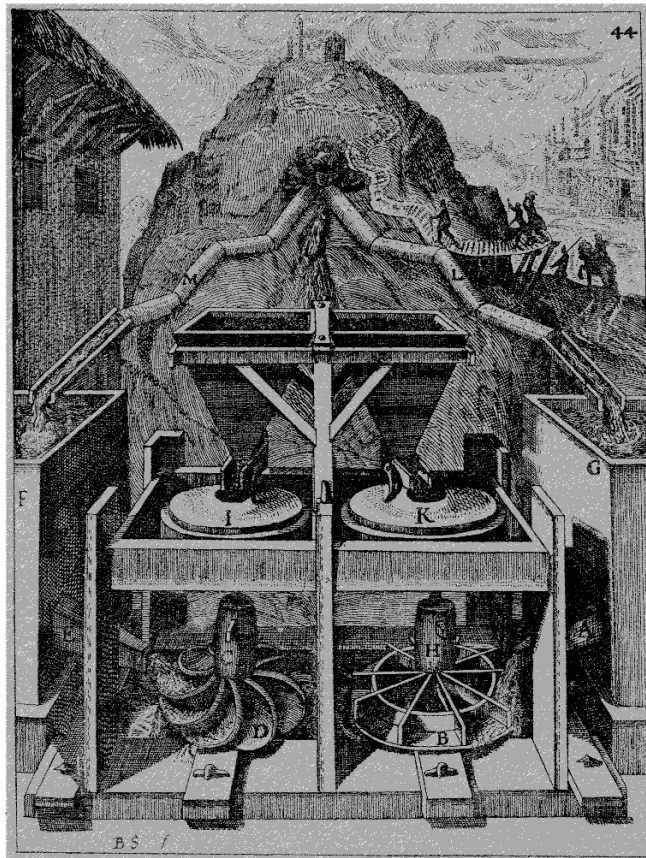


Fig. 52.

fait le plus souvent aujourd'hui. Pour réaliser ce dispositif, on doit déterminer une retenue afin d'amener l'eau à l'endroit où elle a son effet utile.

Le mouvement de la roue se communique à un arbre horizontal, dit arbre *gisant* ou tournant, celui-ci porte le *rouet*, c'est-à-dire un plateau circulaire, formé de quatre pièces de bois ou *chanteaux*, reliées à l'arbre par les *embrasures* ou *croisées* ; le rouet est armé de fiches, et ces fiches engrènent sur la lanterne ; celle-ci se compose de deux plateaux ou *tourtes*, reliés par des tiges de bois ou

fuseaux. Au centre de la lanterne passe le *fer à moulin* ou gros fer, qui traverse la meule gisante entre des *boîtes* et *boîtillons*, et se termine dans l'*œillard* de la meule courante par un *manchon* en forme de fourche; le manchon enserre l'*anille*, qui est scellé dans l'*œillard*, et le mouvement du gros fer se transmet ainsi à la meule courante. Un système de levier, que l'on équilibre avec des poids, soulève la pièce de bois (*trempe* et *braxe*) sur laquelle est établie la lanterne et permet, par conséquent, de modifier la distance qui existe entre les meules.

Le grain est distribué par la *trémie* et l'*auget*, et celui-ci est mis en mouvement d'oscillation par une pièce de bois, le *frayon*, qui est montée sur l'anille. La trémie et l'auget sont maintenus en général au-dessus des meules par des traverses en bois, *trayons* et *porte-trayons*, *trumions* et *porte-trumions*. Enfin le moulin est entouré d'un cercle de bois dit *archure*, et recouvert de planches dites *couverceaux*.

La roue à aubes n'était pas, au XVII^e siècle, le seul engin capable de transmettre la force de l'eau, et j'ai été fort étonné de trouver dans ce livre de Strada, auquel j'ai fait déjà de si fréquents emprunts, une gravure (fig. 52) qui nous montre deux roues horizontales, véritables turbines à eau. La chose n'était cependant pas nouvelle, même à l'époque où le livre a paru; car il existe à la Bibliothèque du Conservatoire des Arts et Métiers le *Théâtre des Industries*, de Jacques Besson, édité en 1579, où une véritable turbine est représentée (*moletrinæ aquatilis conficiendæ nova ratio*).

Le *moulin à vent* est plus moderne. Vitruve, qui nous a laissé un tableau très complet des connaissances industrielles de son temps, n'en parle pas.

On dit que le moulin à vent a été importé d'Orient, au moment des croisades, en France et en Angleterre, vers le milieu du XI^e siècle.

On connaît une charte de 1105, dans laquelle Guillaume, comte de Mortain, autorise Vidal, abbé de Savigny, à établir dans les diocèses de Bayeux, Évreux et Coutances un moulin à vent, *molendinam ad ventum*. Mais Mongez fait remarquer que la première croisade date de 1095, et que dix années n'auraient probablement pas suffi pour généraliser l'emploi du moulin à vent. Heringius prétend même que les moulins à vent ont été utilisés en Bohême au VII^e siècle.

Le mécanisme des moulins à vent, à en juger par les documents que nous possédons, ne différerait pas autrefois sensiblement de ce qu'il est aujourd'hui (fig. 53).

Le moulin était monté sur pivot et, grâce au *cabestan à virer au vent*, le meunier pouvait « tourner son aile et s'endormir content ».

La meule supérieure est, comme dans le cas du moulin à eau, soutenue, grâce à son anille, par le papillon du petit fer, c'est-à-dire du fer qui traverse verticalement la meule inférieure; mais celui-ci ne lui communique pas le mouvement.

Les ailes qui se trouvent à la partie supérieure du moulin entraînent un

arbre *gésant*, qui n'est pas horizontal, mais incliné, en général d'environ 0^m,10 par mètre; le rouet est monté perpendiculairement à l'arbre, et il engrène sur une lanterne, dont les deux *tourtes* sont inégales de diamètre, et les fuseaux disposés suivant un tronc de cône. A l'intérieur de cette lanterne est fixée une

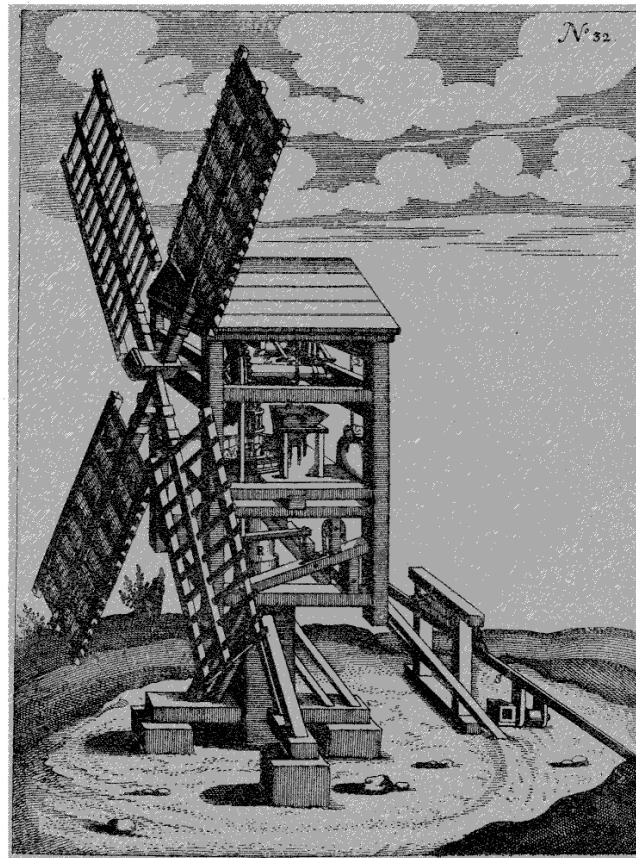


Fig. 53.

pièce de fer, présentant, vers la partie basse, deux mâchoires qui saisissent l'anille dans sa partie étranglée et mettent en mouvement la meule courante.

L'adoption des moulins à eau et à vent a eu, comme je l'ai dit plus haut, des conséquences économiques et techniques qu'il me faut maintenant développer devant vous.

Le jour où la machine a reçu un moteur naturel et une transmission mécanique, le travail de la meunerie, de domestique qu'il était, est devenu

industriel. Le travail se faisait dès lors dans des conditions plus économiques et plus parfaites. Le moulin s'est adjoint le *bluteau*, destiné à séparer la farine du son, puis le *dodinage*, destiné à classer les gruaux, puis le *crible*, destiné à nettoyer le grain.

Mais je voudrais appeler votre attention sur d'autres conséquences plus techniques, plus terre-à-terre, qui ont eu pour résultat de modifier sensiblement la forme et la mode de construction des meules.

La meule romaine tournait lentement, il en était de même de la meule à bras gallo-romaine ; il fallait par conséquent que, pour permettre au grain moulu de gagner la périphérie, les meules fussent taillées coniques ; le grain glissait par son propre poids le long de ces surfaces.

Quand on a pu, grâce aux engins mécaniques, donner au moulin une plus grande vitesse de rotation, les meules devaient cesser d'être coniques ; car le grain, délivré au centre, gagnait rapidement la périphérie sous l'influence de la force centrifuge.

L'invention du rayonnage, ou plutôt sa réinvention, devait contribuer à aplanir la surface des meules ; les rayons ont en effet pour mission de conduire le grain vers la périphérie ; pour cette raison encore, les meules devaient cesser d'être coniques ; et en effet, on ne fait usage, en France, que des meules plates.

L'adoption du rayonnage devait amener un progrès nouveau, consacrer l'emploi des pierres dures à la construction du moulin. Les pierres dont on faisait usage jusque-là présentaient de nombreuses cavités, des *éveillures*, et on les recherchait précisément parce que ces éveillures donnaient du *coupant* et du *mordant* à la meule, mais elles présentaient l'inconvénient d'être tendres et de s'user rapidement. Les rayons, en cisillant le grain, produisent le même effet que les éveillures de la pierre ; celles-ci devenaient inutiles, et l'on pouvait construire le moulin en pierres moins éveillées, mais plus dures.

Une révolution en amène une autre : on ne pouvait trouver, sur une surface de 1^m,40 à 1^m,50, une pierre monolithe d'une dureté homogène ; les constructeurs ont donc été amenés à façonner la meule par la juxtaposition de morceaux dits *carreaux*, judicieusement choisis et joints au moyen de ciment. L'invention n'est peut-être pas nouvelle ; au commencement du siècle, les Bretons, gens économes, venaient chercher, paraît-il, à nos carrières de la Ferté-sous-Jouarre, des fragments que l'industrie rejetait, et qu'ils savaient assembler pour la construction de leurs meules. En tout cas, ce mode de fabrication est fort avantageux ; il permet de mettre au centre de la meule, au *bottard*, là où l'effort est faible, parce que les deux meules ont là plus d'écart qu'à la périphérie, des pierres relativement tendres, et à l'entourage, au contraire, les pierres les plus dures, les plus siliceuses et les plus pleines.

Messieurs, j'ai, en une soirée, suivi le développement qu'a pris, au cours de quarante siècles, dans des pays divers, cette grande et belle industrie de la mouture, basée jusqu'ici sur l'emploi de cette meule nourricière et bienfaitrice. Celle-ci ne sera plus, devant son concurrent le broyeur à cylindres métalliques, l'objet d'aucun perfectionnement; son histoire touche à sa fin. Ces considérations, qui vous apprennent que je n'aurai plus à revenir sur ce sujet, me permettent de m'excuser, si je vous ai retenus trop longtemps. Si vous voulez bien, tout à l'heure, me donner quelques marques d'approbation je vous prierais d'en réserver la plus grande part à la mémoire d'Aimé Girard, qui avait entrepris cette étude; c'est avec regret que je me vois, ce soir, le seul interprète, le seul porte-parole d'un travail fait, non pas en commun, mais dans une communauté intime de pensées et de souvenirs.

HYGIÈNE

NOTICE MONOGRAPHIQUE SUR LES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS,

PAR **M. Paul Vincey** (1).

La longueur des rues de Paris est d'environ 1 000 kilomètres. La quantité d'ordures ménagères qu'on y récolte par jour est approximativement de 3 000 mètres cubes. Le kilomètre de rues correspond à une collecte journalière de près de 3 mètres cubes de gadoues.

La production des ordures ménagères de Paris augmente d'année en année.

Cette progression annuelle est d'environ $\frac{1}{50}$ de la totalité.

En 1895, les vingt arrondissements ont produit 1 017 207 mètres cubes de gadoues, d'un poids moyen de 560 kilogrammes le mètre cube. Le poids annuel correspondant a été de 570 034 tonnes.

Dans un jour moyen de cette année, la collecte a donné 2 783 mètres cubes, soit 1 562 tonnes.

Rapportée à un habitant de Paris, la correspondance de ces chiffres est : par an, 415 litres ou 233 kilogrammes; par jour, 1^{lit},437, soit 0^{kg},639.

Pour tout Paris, la production mensuelle moyenne des ordures est de 47 503 tonnes.

Ce tonnage mensuel est très notablement plus élevé en hiver qu'en été. Les plus grandes oscillations se produisent en janvier et en septembre. Dans les deux sens, cette variation peut aller à environ $\frac{1}{7}$ de la totalité.

La densité des gadoues est également plus forte en hiver qu'en été. Les cendres, plus lourdes, du chauffage d'hiver, et les déchets de la verdure, plus légère, de l'été, en constituent les principales causes. De 560, en moyenne annuelle, la densité passe à environ 650, en hiver, pour descendre à 500, et moins, en été.

(1) Communication faite en la séance du 9 mars 1900.

Le tableau ci-dessous résume ces conditions pour les douze mois de l'année.

Gadoues enlevées dans tout Paris en 1895.

MOIS.	VOLUME.	DENSITÉ.	POIDS.
	m. c.	kil.	tonnes.
Janvier.	85 117	643	54 771
Février.	81 103	637	52 650
Mars.	87 612	608	52 679
Avril.	84 786	538	45 614
Mai.	81 510	536	43 695
Juin.	83 443	530	44 199
Juillet.	87 383	486	42 425
Août.	87 259	499	43 521
Septembre.	80 995	510	41 328
Octobre.	87 279	540	47 161
Novembre.	86 098	570	49 109
Décembre.	86 622	622	53 882
TOTAUX ET MOYENNES. .	1 017 207	560	570 034

Les ordures ménagères sont produites dans les maisons. Elles renferment notamment les épluchures de la cuisine, les cendres des foyers et le produit du balayage des habitations. On y rencontre aussi des chiffons, des papiers, des débris de vaisselle, etc., dont quelques-uns sont de nature métallique.

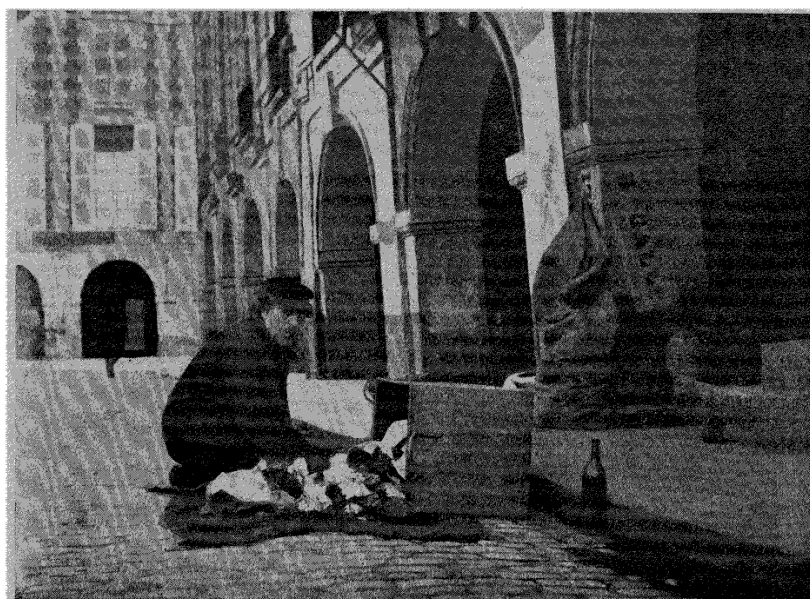
Le soir généralement ou le matin exceptionnellement de très bonne heure, ces ordures des appartements ou du service général de la maison, à l'exclusion des matériaux de démolition, sont déposées dans des boîtes métalliques, placées au rez-de-chaussée, à l'intérieur des habitations.

Vers 5 heures en été et 6 heures en hiver, le matin, ces boîtes à ordures sont sorties des maisons et déposées sur le bord des trottoirs. Le propriétaire, ou son représentant, le concierge, est chargé du soin d'opérer ainsi la sortie de la boîte à ordures. Pour ce soin très ordinairement, le concierge, qui est encore au lit à ces heures matinales, délègue à son tour une tierce personne. C'est le plus souvent un chiffonnier, accrédité par le concierge, qui pénètre dans la maison, pour en sortir la boîte et son contenu. Celui-ci ne reçoit aucun salaire pour cette besogne. Il n'a que le bénéfice d'un premier chiffonnage, qu'il exécute personnellement ou avec l'aide d'associés.

Depuis le moment où la boîte est déposée sur la bordure du trottoir, jusqu'à celui où s'effectue le chargement de la voiture de collecte, c'est-à-dire pendant une heure en moyenne, le chiffonnage est libre. Conformément aux règles

de police, il doit s'effectuer à même dans les boîtes ou sur des toiles étalées sur le trottoir, où sont déversées les immondices. Par les chiffonniers, les ordures, ainsi répandues sur des toiles, doivent ensuite être soigneusement replacées dans les boîtes. (Voir annexe n° 3, page 87.)

La collecte des ordures ménagères, autrement dit leur premier transbordement des boîtes des maisons dans les voitures de l'évacuation, doit s'effectuer régulièrement de 6 heures 30 à 8 heures 30 du matin, en été, et de 7 à



Chiffonnage.

9 heures, en hiver. Il arrive bien souvent, notamment dans la mauvaise saison, que cette opération ne prend fin que plus tardivement.

En 1893, environ 560 tombereaux ont contribué à l'enlèvement journalier des ordures. Parmi ces attelages, correspondant à autant d'itinéraires de collecte, 31 n'avaient qu'un cheval, 458 en avaient deux, et 71 en possédaient trois.

1 160 chevaux ont donc été chaque jour employés à cette partie de la toilette de Paris.

Généralement, pour chacun de ces itinéraires, correspondant à un attelage de tombereau ou de charrette, le service de la collecte est assuré par quatre personnes, à savoir : un charretier, un aide-chargeur, un chiffonnier et une retraceuse.

Le chiffonnier se tient sur la voiture. En même temps qu'il y chiffonne pour

son propre compte, il assure le chargement régulier du véhicule et le tassement des boues. Le conducteur et l'aide-chargeur prennent, sur le bord du trottoir, la boîte pleine d'ordures, l'élèvent à force de bras au-dessus de la ridelle du véhicule, d'où le chiffonnier la reçoit, pour en répandre le contenu dans la caisse du tombereau. La retrousseuse, à l'aide d'un balai, rassemble les gadoues échappées des boîtes, en vue de leur reprise à la pelle par le chargeur, qui les jette ainsi dans la voiture.

Par les ouvriers de la collecte, la boîte vide est simplement déposée sur la bordure du trottoir. C'est le concierge qui la rentre ensuite et bientôt dans la maison.

Environ 2 200 personnes coopèrent journallement à la collecte des boues de Paris.

Un itinéraire correspond à une escouade de quatre personnes, à un attelage ordinaire de 2 chevaux, à une collecte de $4^{\text{m}^3},5$ de boues, pesant $2^{\text{t}},5$, à une longueur de rues de 4 500 mètres en moyenne. Il est débarrassé dans un temps journalier de deux heures.

L'attelage et son conducteur logent le plus généralement à environ $2^{\text{km}},5$ des murs de Paris. Le lieu où commence l'itinéraire de la collecte peut aussi être considéré en général comme étant à une distance, en deçà de l'enceinte, de 2 kilomètres. C'est donc $4^{\text{km}},5$ en moyenne que l'attelage doit parcourir le matin, depuis son remisage, jusqu'au point où la collecte va commencer. De ce dernier lieu, jusqu'à celui du remisage ou du dépôt rural voisin, y compris l'étendue, en zigzag souvent, de l'itinéraire, la voiture d'évacuation a encore environ $5^{\text{km}},5$ à parcourir.

Au résumé, dans le cas qui peut être considéré comme typique, la voiture de collecte et d'évacuation doit parcourir chaque jour une distance de 10 kilomètres en moyenne, se décomposant ainsi: aller à vide, $4^{\text{km}},5$; itinéraire de collecte, $1^{\text{km}},5$; retour chargé, 4 kilomètres.

Ce même attelage, pour parcourir ces 10 kilomètres, y compris le temps perdu, met généralement une durée moyenne de 7 heures, à savoir: à l'aller, 2 heures; pour la collecte, 2 heures; pour le retour 3 heures.

Dans ce cas normal, pour la saison d'hiver, par exemple, un boueux d'Aubervilliers, sorti de chez lui à 3 heures du matin, n'y rentre que sur le coup de midi.

Ces conditions ordinaires de distances parcourues et de temps employé, bien entendu, varient dans des limites assez étendues, suivant les cas particuliers.

Pour les entrepreneurs de collecte, qui font également la vente et la livraison dans les champs de l'engrais des rues de Paris, il est de nombreux exemples de l'organisation suivante du travail: dans la banlieue suburbaine, comme Saint-Ouen, Aubervilliers, Montreuil, Vincennes, Ivry, Arcueil, etc., où l'attelage

chargé de la collecte arrive vers midi, un stationnement de la voiture pleine d'ordures a lieu, pour une durée de deux heures environ; c'est le temps du déjeuner du conducteur et de ses chevaux; quelquefois alors se pratique aussi une sorte de transbordement de la gadoue en vue d'assurer le complément du chargement des tombereaux; de ces centres urbains, vers 2 heures de l'après-midi seulement, pour la livraison dans les champs, à une distance de 3 ou 5 kilomètres en moyenne, repart le véhicule chargé de la collecte; l'attelage



Équipe de collecte.

est ainsi occupé, pour une seconde demi-journée, à la livraison à l'agriculture des produits de la collecte parisienne; il ne rentre au remisage que vers 6 ou 7 heures du soir, pour en repartir, à la collecte suivante, le lendemain matin, aux alentours de 5 heures.

Environ 250 voitures de l'évacuation des boues de Paris portent ainsi chaque jour ces engrais dans le territoire agricole du département de la Seine.

Une centaine de ces véhicules pénètrent aussi journellement dans les communes les plus rapprochées de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne.

Pour l'évacuation des ordures, un nombre important de tombereaux de la collecte, 1/3 environ de la totalité, se dirige directement vers les gares expéditrices des différents réseaux de chemins de fer. Ces gares d'expédition, pourvues

ou non de port sec d'embarquement, sont généralement situées aux portes mêmes de Paris. Quelques-unes sont en deçà des murs de l'enceinte.

Le tableau ci-après, pour les cinq grands réseaux et l'État, indique les différentes gares expéditrices d'ordures ménagères, ainsi que le tonnage annuel correspondant de ces matériaux de l'assainissement parisien.

COMPAGNIES de CHEMINS DE FER.	ÉVACUATION DES GADOUES.		
	GARES EXPÉDITRICES.	TONNAGE CORRESPONDANT	
		par gare.	par compagnie.
Ouest.	Batignolles.	29 058	84 602
	Grenelle.	51 078	
	Vaugirard.	4 466	
Nord	La Chapelle.	27 651	34 657
	Saint-Ouen.	7 006	
P.-L.-M.	Bercy-Conflans.	16 958	16 958
Orléans.	Ivry.	8 625	14 723
	Montrouge.	6 098	
	Paris-la Villette.	1 332	
Est.	Pantin.	201	21 237
	Paris-Reuilly.	14 187	
	Vincennes-Fontenay.	5 517	
État.	Vaugirard.	35	35
TOTAUX.		172 212	172 212

Les chiffres ci-dessus se rapportent à l'année 1895. Ils ont dû bien peu changer jusqu'à ce jour, sauf en ce qui concerne Saint-Ouen. Depuis cette époque, en effet, sur les terrains de la compagnie des chemins de fer du Nord, aux Docks de Saint-Ouen, a été établie une usine de broyage de la gadoue, pour l'écoulement agricole par chemins de fer, à peu près exclusivement. Une cinquantaine de tombereaux à deux chevaux s'y rendent chaque matin, pour y conduire les boues des II^e et III^e arrondissements de Paris, pour lesquels la production annuelle est d'environ 45 000 tonnes.

Un certain nombre de voitures de la collecte enfin, plus irrégulièrement toutefois que celles indiquées précédemment, se dirigent vers deux ports d'embarquement sur voie d'eau : près du Pont National, en amont ; au quai de Javel, du côté aval.

Si le mode d'évacuation par bateau était régulier, on pourrait estimer à une trentaine chaque matin le nombre des tombereaux de collecte se dirigeant vers

les deux ports : un tiers de ce nombre irait au Pont National; les deux autres tiers auraient pour destination le port de Javel.

Dans l'état actuel des choses, la totalité des gadoues de Paris reçoit une utilisation agricole.

Pour l'année 1895, où la statistique de ces engrais a été parfaitement établie, le tableau suivant indique les voies et moyens d'écoulement de ces ordures.

MODES D'ÉCOULEMENT.		TONNAGE ANNUEL.	POURCENTAGE.	
NATURE.	VOIE.		PARTIEL.	GROUPE.
Par colliers.	Département Seine.	223 760	39	63
	Seine-et-Oise, Seine-et-Marne.	145 828	26	
Mécanique.	Chemins de fer.	172 212	30	35
	Batellerie.	28 234	5	
TOTAUX.		570 014	100	100

On y voit que le territoire agricole du département de la Seine en particulier reçoit encore tout près des 4/10 de la totalité des gadoues de Paris. Dans ce département, il y a encore non moins de 20 000 hectares de terres cultivées pour lesquelles la gadoue est la toute principale fumure, en vue particulièrement de la production des denrées potagères de l'approvisionnement des Halles centrales de Paris. Les 224 000 tonnes annuelles des boues de Paris ne suffisent pas encore à la fumure des terres de cultures, si intensives, du département de la Seine. Les ordures ménagères des très populeuses communes suburbaines en font aussi le complément nécessaire, dans l'état actuel des cultures de banlieue.

En dehors de toute considération d'étendue, les deux arrondissements de la Seine se partagent très inégalement les boues fertilisantes de la capitale : alors que l'arrondissement de Sceaux n'en emploie que le tiers de cette quantité, celui de Saint-Denis en réclame les deux autres tiers.

Pour chacune des communes de ces deux arrondissements de la Seine, les tableaux ci-joints mentionnent l'importance du territoire agricole, par rapport à la superficie totale, de même que la quantité des gadoues de Paris que l'on y utilise chaque année.

145 000 tonnes annuelles des gadoues de Paris sont, chaque jour, transportées directement en Seine-et-Oise et Seine-et-Marne, par colliers, dans les tombereaux mêmes de la collecte. Ce sont les territoires communaux les plus voisins des limites du département de la Seine qui reçoivent ainsi les boues de

ARRONDISSEMENT.	CANTONS.	COMMUNES.	TERRITOIRE			GADOUES utilisées annuellement.
			TOTAL.	AGRICOLE.	NON AGRICOLE.	
			hectares.	hectares.	hectares.	tonnes.
SCEAUX.	Montreuil . . .	Montreuil-sous-Bois . .	900	736	164	9 600
		Fontenay-sous-Bois . .	765	552	213	9 000
	Vincennes . . .	Saint-Mandé	245	189	56	120
		Vincennes	348	235	115	600
		Alfortville	330	224	106	600
	Charenton . . .	Charenton-le-Pont . . .	400	131	269	»
		Maisons-Alfort	556	378	188	3 000
		Saint-Maurice	332	261	71	»
		Bry-sur-Marne	332	280	52	4 320
	Nogent	Champigny	1 133	883	250	8 500
		Nogent-sur-Marne . . .	351	126	225	3 800
		Le Perreux	348	252	96	1 500
		Bonneuil	546	496	50	1 200
	Saint-Maur . . .	Créteil	1 136	925	209	9 350
		Joinville-le-Pont . . .	335	73	262	60
		Saint-Maur	1 126	373	753	1 000
		Choisy-le-Roi	532	276	256	1 800
		Ivry-sur-Seine	615	133	482	100
	Ivry	Orly	664	639	25	100
		Vitry-sur-Seine	1 179	1 104	75	3 000
		Thiais	632	614	18	360
		Arcueil-Cachan	464	414	50	450
		Cheville	454	436	18	110
		Fresnes-lez-Rungis . .	351	311	40	90
	Villejuif	Gentilly	306	131	175	120
		L'Haÿ	390	374	16	100
		Rungis	374	356	18	70
		Villejuif	532	511	21	151
		Antony	959	902	57	800
		Bagneux	506	238	268	1 200
		Bourg-la-Reine	178	120	58	400
		Châtenay	660	579	81	1 000
	Sceaux	Clamart	857	818	39	1 800
		Fontenay-aux-Roses . .	262	149	113	2 000
		Montrouge	225	72	153	6 250
		Sceaux	326	261	65	200
		Plessis-Piquet	341	324	17	4 000
		Châtillon-sous-Bagneux .	284	261	23	5 000
	Vanves	Issy	490	176	314	150
		Malakoff	240	61	179	50
		Vanves	243	142	101	3 000
Arrondissement de Sceaux			21 257	15 514	5 741	84 950

ARRONDISSEMENT.	CANTONS.	COMMUNES.	TERRITOIRE			GADOUES utilisées annuellement.
			TOTAL.	AGRICOLE.	NON AGRICOLE.	
			hectares.	hectares.	hectares.	tonnes.
SAINT-DENIS.	Boulogne.	Boulogne.	1 321	439	862	120
	Neuilly-sur-Seine.	Neuilly-sur-Seine.	572	342	230	»
	Levallois-Perret.	Levallois-Perret.	242	66	176	»
	Clichy	Clichy	285	52	233	»
		Nanterre	1 243	1 137	106	30 000
	Puteaux	Suresnes	336	194	142	4 800
		Puteaux	331	77	254	950
	Courbevoie	Colombes.	1 132	726	406	5 000
		Courbevoie	374	67	307	950
	Asnières	Asnières	477	113	364	»
		Gennevilliers	1 502	1 266	236	6 000
		Épinay-sur-Seine	422	352	70	2 400
	Saint-Ouen	Ile-Saint-Denis	187	78	109	»
		Saint-Ouen	418	217	201	7 290
	Saint-Denis.	Saint-Denis.	2 273	450	1 823	13 120
		Aubervilliers	549	341	338	10 900
		Dugny	389	363	26	3 850
	Aubervilliers	La Courneuve.	760	700	60	1 450
		Pierrefitte	343	307	36	2 000
		Stains	534	491	43	1 200
		Villetaneuse	228	208	20	1 500
		Bagnolet	305	229	76	2 500
	Pantin	Les Lilas.	144	41	103	»
		Le Pré-Saint-Gervais	125	21	104	»
		Pantin	533	153	382	5 000
		Bobigny	671	558	113	2 500
		Bondy	831	638	193	1 200
		Le Bourget	251	172	79	1 200
	Noisy-le-Sec	Drancy	763	604	159	1 500
		Noisy-le-Sec	502	319	183	6 360
		Romainville	268	256	12	1 200
		Rosny-sous-Bois.	629	487	142	12 000
		Villemonble	375	328	47	1 020
Arrondissement de Saint-Denis			19 319	11 784	7 535	138 810
Arrondissement de Sceaux			21 257	15 514	5 741	84 950
Ville de Paris.			7 802	480	7 322	»
Tout le département de la Seine			48 376	27 778	20 598	223 760

Paris, transportées par voies de terre. La distance extrême des murs d'enceinte de la capitale, à laquelle des ordures peuvent être transportées par colliers, ne dépasse guère 12^{km},5.

Les anciens *pays* agricoles, qui reçoivent ainsi de si grandes quantités d'ordures ménagères, encore transportées par voies de terre sont : l'Aulnay, au centre ; le Parisis et le commencement du Mantois, à l'Ouest ; les premières marches du Hurepoix, au Sud, et la bordure du plateau de la Brie, à l'Est.

Environ le tiers des ordures ménagères de la capitale est transporté dans des régions plus éloignées, par les voies de chemins de fer.

Dans une proportion très inégale, les cinq grands réseaux et l'État se partagent annuellement le tonnage du transport des ordures, comme il est indiqué au tableau suivant :

COMPAGNIES.	TONNAGE ANNUEL.	POURCENTAGE.
Ouest	84 602	44
Nord.	34 637	20
P.-L.-M.	16 958	10
Orléans	14 723	9
Est	21 237	12
Etat	35	»
TOTAUX.	172 242	100

Ainsi qu'on en juge, il s'en faut que, transportées par les voies ferrées, les gadoues de la capitale soient également réparties aux différents horizons du bassin de Paris.

A cause de la nature des terrains, qui commande aux genres de récolte, la plus grosse quantité des ordures évacuées par chemins de fer a pour destination la région Ouest-Nord, vers les vallées de la Seine et de l'Oise.

On doit remarquer aussi que cette région, qui par voies ferrées reçoit encore le plus de gadoues, est celle-là même, aux terres sableuses, que la ville de Paris a choisie pour l'épuration terrienne et l'utilisation agricole de ses eaux d'égout. Il n'est pas douteux que, dans une certaine mesure, le développement des champs d'épandage de la grande ville ne refoule les gadoues vers d'autres régions, que celles d'Herblay, Pierrelaye, Eragny, Conflans, Chanteloup, Triel, les Mureaux, etc.

Les tableaux reproduits en annexes pages 122 et suivantes, pour les cinq grands réseaux en 1895, indiquent toutes les gares destinataires des ordures, leurs distances linéamétriques depuis les gares expéditrices, leur tonnage en cet engrais, ainsi que le prix net correspondant du transport à la tonne.

Comme on peut s'en rendre compte, après transport par voies de fer, les *pays* agricoles qui utilisent le plus les engrais-ordures de Paris sont : le Vexin français et le Mantois, au Nord-Ouest; la Beauce septentrionale, au Sud-Ouest; le Hurepoix et le Gâtinais français, au Sud, et la Brie française, au Sud-Est. Le Beauvaisis, au Nord, le Valois et l'Orvois, au Nord-Ouest, et la Brie champenoise, à l'Est, ne reçoivent que fort peu de ces matières fertilisantes.

Il est très intéressant de constater aussi que, pour toutes les voies ferrées, les premières gares réceptrices de gadoues sont déjà éloignées d'une dizaine de kilomètres des gares expéditrices.

Sur l'ensemble des gadoues transportées par chemins de fer : 17 p. 100 vont moins loin que 20 kilomètres; 63 p. 100 atteignent de 20 à 40 kilomètres; 10 p. 100 voyagent entre 30 et 40 kilomètres, et enfin 10 p. 100 seulement dépassent 50 kilomètres.

Chargement et déchargement non compris, suivant les distances et les Compagnies pour des trajets réels, le prix du transport de la tonne kilométrique varie de 0 fr. 10 à 0 fr. 033. Il descend même à 0 fr. 016, pour un cas, sur l'Ouest, à 225 kilomètres de parcours. Sur l'ensemble des réseaux, pour un parcours moyen à 36 kil. 3, le prix correspondant du transport d'une tonne est de 1 fr. 85, soit de 0 fr. 0509 à la tonne kilométrique.

Pour les 172212 tonnes de gadoues, la distance totale parcourue sur les 6 grands réseaux ferrés est de 9000 kilomètres. Pour un tonnage moyen, par gare destinataire, que l'on peut évaluer à 840 tonnes, le tonnage kilométrique total, sur tous les réseaux, est de 5 millions 1/2 environ.

Pour transporter les gadoues de Paris, les diverses compagnies de chemins de fer encaissent une somme annuelle d'environ 290 000 fr. Ces documents sont plus ou moins directement extraits du tableau récapitulatif ci-après :

DISTANCES KILOMÉTRIQUES			TONNAGE					PRIX MOYEN du TRANSPORT d'une tonne kilométrique frais de gare compris.
GROUPEMENT	PARCOURUES.		ANNUEL.			KILOMÉTRIQUE.		
	Totales.	Moyennes.	Moyen.	Total.	P. 100.	Moyen.	Total.	
De 0 à 10.	49	8,1	368,3	2 209,8	1,28	2 940,8	20 366,8	francs. 0,099
De 10 à 20.	462	18,5	1 085,0	26 469,6	15,37	23 078,6	398 749,2	0,065
De 20 à 30.	1 098	26,0	1 236,7	51 296,2	29,73	33 281,4	1 367 994,4	0,055
De 30 à 40.	1 546	35,5	1 662,4	56 403,0	32,76	56 072,7	1 952 749,0	0,048
De 40 à 50.	1 436	45,7	518,4	17 493,4	10,16	23 443,2	777 428,9	0,043
Au-dessus de 50.	4 395	85,0	173,4	18 440,0	10,70	10 270,0	1 156 948,3	0,032
Toutes distances.	9 007	36,3	1 178,0	172 212,0	100,00	42 761,4	5 674 236,6	0,0509

Le transport des gadoues par chemins de fer s'effectue tous les jours de l'année et en toute saison. Il s'en faut pourtant que ces expéditions aient lieu aux différents temps avec la même intensité. Pour l'ensemble des réseaux, les mois des plus faibles expéditions sont : août, septembre, octobre, novembre et décembre. Les mois à expéditions moyennes sont généralement : janvier, février, mars et avril. Les mois de très fortes expéditions correspondent à mai, juin et juillet.

Ces indications sont conformes à la réalité, pour ce qui est du tonnage des gadoues de Paris expédiées par chemins de fer, suivant les saisons. Les oscillations qu'on y constate sont encore notablement accrues, dans les deux mêmes sens, pour ce qui est du volume des ordures circulant sur les voies ferrées. Ceci provient de la densité de la matière, plus grande en hiver, plus faible en été, ainsi qu'il a été indiqué antérieurement.

Les chemins de fer transportent peu de gadoues en hiver, à cause des difficultés que rencontrent en cette saison les cultivateurs pour le déchargement en gare et le transport de la gadoue dans les champs. Ces causes consistent alors dans la brièveté des jours et le mauvais état des chemins ruraux.

C'est aussi, par contre, dans la saison d'hiver, que la culture de la banlieue de Paris, qui reçoit les ordures par voie de terre, peut le plus commodément en faire usage, sans gêner la salubrité de ces régions plus habitées.

Les boues de Paris, de toutes les matières qui circulent sur voies ferrées, sont celles transportées au plus bas prix. Les Compagnies prétendent même, pour elles, que parfois ces engrais sont transportés aux extrêmes limites de la perte.

A la ville de Paris spécialement, qui rétrocède ce droit à ses adjudicataires de collecte et d'évacuation, les différentes Compagnies ont concédé des tarifs spéciaux très réduits, pour le transport de ses ordures ménagères (voir annexe n° 4, pages 76 et suivantes).

Pour des distances réellement utiles, c'est-à-dire jusqu'à 60 kilomètres de Paris environ, par ordre de décroissance au point de vue de la réduction des tarifs, les réseaux qui favorisent le transport des gadoues se classent dans l'ordre suivant : l'Est, le Nord et l'Ouest, l'Orléans, l'État et enfin le P.-L.-M.

Le tableau ci-après, pour les différentes Compagnies, et pour un même prix, (frais de gares compris, frais de chargement et de déchargement non compris), indique les distances que, rapportées à la tonne, peuvent parcourir les gadoues sur les voies ferrées.

Il donne aussi les mêmes renseignements pour la batellerie, à l'amont et à l'aval, avec cette différence toutefois que, par voie d'eau, les prix indiqués comportent les frais du chargement au départ et du déchargement à l'arrivée.

VOIES D'ÉVACUATION.		DISTANCES QUE PEUT PARCOURIR UNE TONNE DE GADOUÉ POUR UN PRIX DE :							OBSERVATIONS.
		1 fr.	1 ^{fr} ,50.	2 fr.	2 ^{fr} ,50.	3 fr.	3 ^{fr} ,50.	4 fr.	
		kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilo m.	kilom.	kilom.	
CHEMINS DE FER.	Nord.	15	30	60	120	220	320	»	Y compris : Frais de gare. Non compris : Chargement et déchargement.
	Ouest.	15	30	60	110	160	210	260	
	Est. { Pantin.	15	30	60	110	160	210	260	
	Est. { Villette-Reuilly.	15	30	57	90	145	140	165	
	Orléans.	15	27	39	111	189	239	289	
	État.	»	»	50	64	79	93	107	
	P.-L.-M.	12	19	25	100	150	200	250	
Batellerie { amont.		25	50	75	100	110	130	150	Y compris : Chargement et déchargement.
Batellerie { aval.		50	100	150	175	225	»	»	

Réellement, la totalité, ou bien peu s'en faut, des gadoues transportées par chemin de fer, frais de gare compris, depuis la gare expéditrice jusqu'à la gare destinataire, supporte une taxe de transport qui oscille entre 1 franc et 2 fr. 50 par tonne.

Pour un tel prix de transport, la gadoue a parcouru, sur voies ferrées, une distance qui varie entre 15 et 60 kilomètres.

Sur voies de fer, la quantité est insignifiante des gadoues de Paris, qui a effectué un parcours utile de plus de 100 kilomètres, et partant supporté une taxe de transport supérieure à 2 fr. 50 par tonne.

C'est donc un leurre de penser que l'on puisse, même au prix de tarifs les plus réduits, pour les grandes distances, voir les gadoues de Paris atteindre des régions agricoles très éloignées de la grande ville.

Étant donnée sa valeur agricole, l'expérience a surabondamment démontré, outre les frais de chargement et de déchargement, que cette matière fertilisante ne peut supporter un prix de transport, par chemins de fer, supérieur à 2 fr. 50, voire même 2 francs par tonne.

Le graphique qui suit, pour les différents réseaux et la batellerie, permet de calculer approximativement, d'une façon très rapide, le prix de transport d'une tonne de gadoue, à des distances variables :

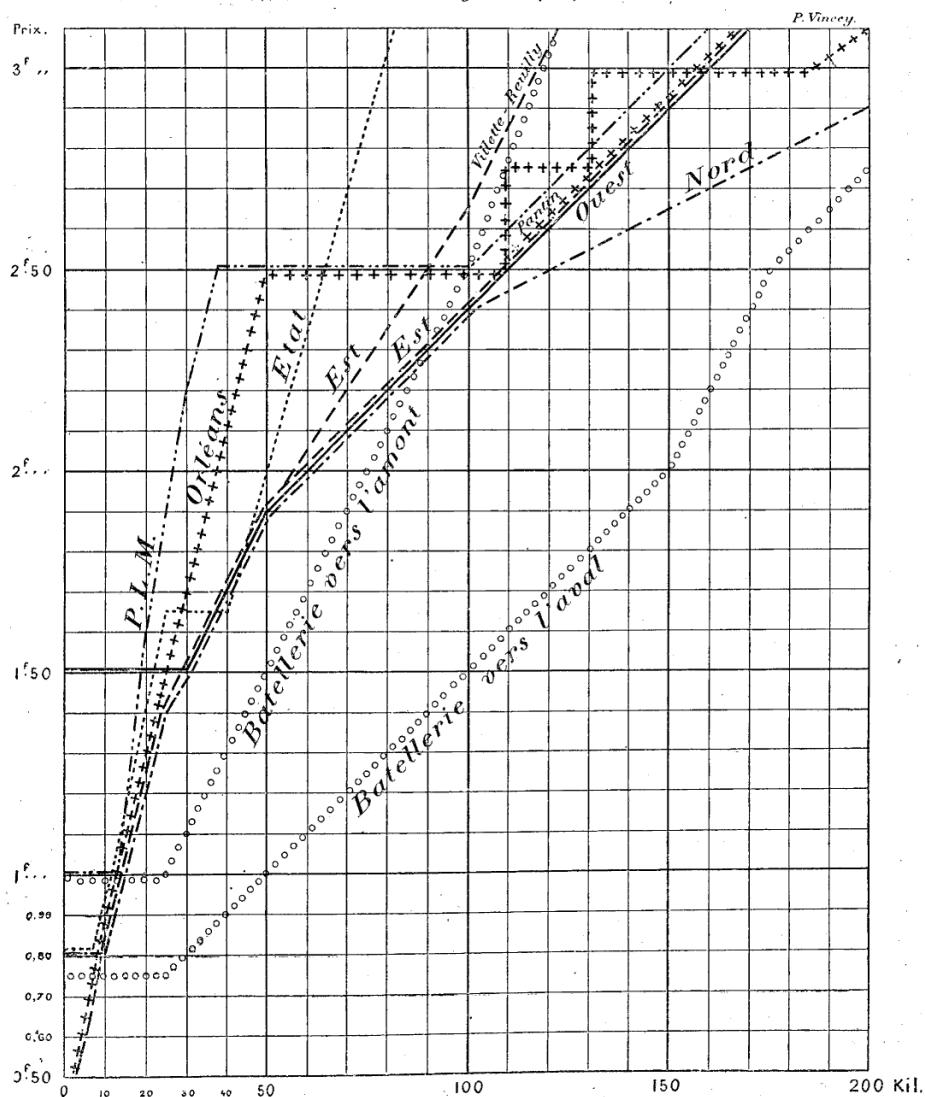
Le mode de transport des ordures de Paris par la batellerie est assurément le moins cher et partant celui qui permet d'atteindre les plus grandes distances. Les frais de chargement et de déchargement des bateaux, de même que les dépenses de transport à la culture, depuis les ports de débarquement, sont géné-

ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS

TRANSPORT PAR CHEMINS DE FER ET PAR BATEAUX

Diagramme des prix suivant les distances

(Frais de gare compris)



ralement pour le moins aussi élevés toutefois que ceux correspondants du mode de transport par chemins de fer.

Les raisons qui ont fait que le transport des gadoues par la batellerie soit resté de si minime importance (5 p. 100 seulement de la totalité) sont les suivantes : à l'embarquement, difficulté de charger un bateau dans un temps très court, afin d'éviter les odeurs; embarras et prix élevés du déchargement aux ports plus ou moins improvisés du débarquement; éloignement de terres arables à fertiliser, des lieux habituels de débarquement, situés au milieu des prairies, dans des sols d'alluvions généralement fertiles; irrégularités dans la possibilité de la navigation, par suite des temps de crues, de glaces ou de chômage normal des voies d'eau.

EMBARQUEMENT.			DESTINATION.					
PORTS dans Paris.	TONNAGE annuel.	NOMBRE annuel de bateaux de 230 tonnes en moyenne.	LOCALITÉS de débarquement.	DIRECTION.	DISTANCES de Paris.	PRIX de transport à la tonne.	NOMBRE de bateaux.	TONNAGE annuel.
					kilomèt.	francs.		
Pont National.	10 035	42	Ris.	Amont.	24	1,00	7	1 700
			Corbeil.	Id.	32	1,12	17	3 635
			Choisy-le-Roi.	Id.	11	1,00	6	1 380
			Ponthierry.	Id.	49	1,50	1	220
			Juvisy.	Id.	21	1,00	1	200
			Grigny.	Id.	36	1,20	1	200
			Appoigny.	Id.	215	5,30	2	380
			Conflans.	Aval.	61	1,11	5	1 550
			Bonnières.	Id.	139	1,90	1	350
			Mantes.	Id.	101	1,50	1	400
			Le Coudray.	Amont.	49	1,50	12	2 355
			Grigny.	Id.	36	1,20	16	3 160
			Andrézy.	Aval.	64	1,15	2	622
			Bennecourt.	Id.	132	1,82	11	3 920
Port de Javel.	18 199	76	Guernes.	Id.	108	1,58	1	250
			Ham.	Id.	240	3,10	1	370
			Mantes.	Id.	101	1,50	6	1 560
			Maurecourt.	Id.	63	1,15	3	950
			Moisans.	Id.	122	1,72	11	2 452
			Méricourt.	Id.	113	1,63	4	740
			Porcheville.	Id.	96	1,47	1	170
			Saint-Martin.	Id.	118	1,67	5	960
			Tripleval.	Id.	129	1,80	3	690
TOTAUX.	28 234	118	23 ports.	»	»	»	118	28 234

Des deux ports de Javel et du Pont National, il part en moyenne un bateau de 200 à 250 tonnes de gadoues tous les trois jours. Pour l'année 1895, le nombre total des bateaux a été de 118, correspondant à un tonnage de 28 234 tonnes.

Le tableau ci-contre, pour cette même année, indique l'ensemble des conditions générales, de chargement dans Paris, de transport, avec localités destinataires, directions, distances et prix, d'évacuation des gadoues par voies d'eau.

En basse Seine, pour effectuer la traction en descente d'un bateau de Paris à Conflans, le temps moyen est de un jour à un jour et demi. Dans ces limites



Port de Javel.

de temps, on peut également atteindre les localités comprises entre l'écluse de Meulan et celle de Port-Villez.

De ces différents ports destinataires, la remonte à vide jusqu'à Paris dure généralement de trois à quatre jours.

Pour les localités situées en haute Seine, le transport à l'aller s'effectue en deux jours, pour les régions avoisinant l'écluse du Coudray.

La durée du trajet en batellerie reste d'ailleurs subordonnée à l'état des eaux et à la perte de temps subie aux écluses.

Étant données les conventions spéciales actuellement en vigueur, pour la basse Seine, le chargement de la gadoue sur bateau, au départ de Paris, la traction et le déchargement sur voiture à l'arrivée, reviennent à un prix par tonne

de 1 franc à 2 francs, jusqu'à Mantes. Ce prix s'élève à 1 fr. 75 et 2 fr. 25, pour des distances notablement plus éloignées, dans la même direction.

A distances égales, pour la haute Seine, il faut compter environ 20 francs de plus par bateau de 250 tonnes.

Les tarifs du touage sont des prix *maxima*, sensiblement réductibles par traités.

Pour le cas d'un entrepreneur d'enlèvement de boues à Paris, supposé ne posséder ni bateau ni remorqueur, pour le transport en péniche de 250 tonnes environ, le tableau suivant indique le prix moyen supporté par une tonne d'ordures, pour le chargement au départ, le transport et le déchargement sur voiture à l'arrivée, à des distances variables de Paris, vers l'amont et vers l'aval.

DISTANCES.	PRIX A LA TONNE.		OBSERVATIONS.
	AMONT.	AVAL.	
	Francs.	Francs.	
25 kilomètres.	1 »	0,75	
50 — .	1,50	1 »	
75 — .	2 »	1,25	
100 — .	2,50	1,50	
125 — .	3,25	1,75	Pour l'Yonne, vers l'amont.
150 — .	4 »	2 »	
175 — .	4,50	2,50	Vers l'amont, canal de Bourgogne et autres.
200 — .	5 »	2,75	
225 — .	5,50	3 »	
250 — .	6 »	?	

Le graphique des prix du transport, suivant les distances, page 14, est relatif aussi à la batellerie, vers l'amont et vers l'aval.

Jadis l'Administration municipale tirait recettes du fait de l'enlèvement des boues. C'était le temps, déjà éloigné de près d'un demi-siècle, où la valeur agricole des gadoues était encore supérieure à la dépense occasionnée par leur collecte et leur évacuation, dans un rayon très voisin de l'enceinte de Paris.

Puis est venue une époque où l'enlèvement des boues se faisait sans redevance aucune, ni de la part de la ville, ni de celle des entrepreneurs.

Enfin la municipalité parisienne a dû payer chaque année des sommes de plus en plus considérables à des entrepreneurs, pour qu'ils consentissent à débarrasser Paris de ses ordures ménagères.

Les dépenses à l'entreprise, occasionnées de ce chef, se sont accrues d'une façon beaucoup plus rapide que la production des boues elle-même.

En 1868, par exemple, pour un volume de 672 983 mètres cubes, il a été dépensé à l'entreprise 757 967 francs. En 1884, pour un cube de 874 294 mètres, la dépense a été de 1 963 317 francs. En 1895, pour un volume de 1 017 260 mètres cubes, la dépense à l'entreprise s'est élevée à 2 202 100 francs, soit 6 033 francs par jour, ou bien 2 fr. 17 par mètre cube, ou encore 3 fr. 86 par tonne.

Depuis longtemps, comme à l'époque présente, pour le budget de la ville, les dépenses occasionnées par les ordures des maisons sont de deux sortes, celles à l'*entreprise*, celles à la *régie*.

On a vu plus haut qu'un attelage, correspondant à un itinéraire de collecte, comprend quatre personnes, deux chevaux le plus généralement et une voiture.

Les dépenses de régie sont celles relatives au salaire de trois des personnes de l'escouade, payées 0 fr. 50 de l'heure et employées trois heures chaque matin, y compris le temps perdu. Ce sont : l'aide-chargeur, le chiffonnier et la balayeuse.

Les agents techniques du service de la Voie publique estiment que ces charges en régie de la collecte se chiffrent à la somme de 1 fr. 30 par tonne de gadoue, soit 0 fr. 73 par mètre cube. De ce seul chef, en 1895, pour une production de 570 034 tonnes de boues, la dépense en régie se serait donc élevée à 741 044 fr. 20.

Les dépenses à l'entreprise, pour l'équipe d'itinéraire, sont celles occasionnées par le conducteur de l'escouade, les chevaux d'attelage et la voiture.

En 1895, chaque itinéraire a ainsi occasionné à l'entreprise une dépense de 10 fr. 28 par jour, soit 3 754 francs par an. Pour cette même année, le débarras des ordures ménagères a donc entraîné pour Paris une dépense de 741 044 francs, à la régie, plus 2 202 100 francs, à l'entreprise, soit au total 2 943 144 francs. Cette dépense totale, régie et entreprise, correspondait à 2 fr. 89 par mètre cube ou bien 5 fr. 16 par tonne.

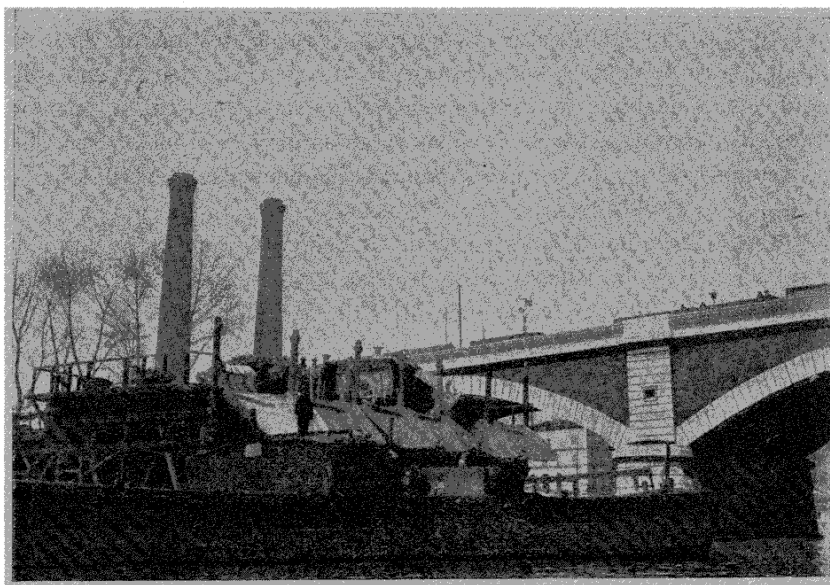
Dans ces conditions, où les entrepreneurs étaient chargés de la collecte, de l'évacuation et de l'écoulement des ordures de Paris, les matières fertilisantes restaient la propriété de ces industriels.

Ces dépenses n'ont pas sensiblement changé pour les années 1896, 1897, 1898 et la première moitié de l'année 1899, parce qu'elles faisaient également partie d'une même période d'adjudication à l'entreprise de cinq années, prenant fin le 15 juillet 1899.

Pour commencer à cette date dernière, pour une nouvelle période de cinq années, l'Administration municipale a voulu procéder à une adjudication à l'entreprise pour la collecte, l'évacuation et l'écoulement des ordures ménagères.

Les conditions générales de mise à prix et du cahier des charges de l'entreprise étaient sensiblement les mêmes que celles réclamées pour la période quinquennale précédente (voir annexe n° 5, pages 92 et suivantes).

A la demande de la Commission municipale mixte pour l'étude complète de la question des ordures ménagères, la seule modification importante apportée aux clauses de la dernière adjudication était que le lot (unité d'adjudication) dût correspondre au quartier (80 lots pour tout Paris), au lieu de l'arrondissement (20 lots pour tout Paris), comme par le passé.



Port du pont National.

On avait voulu ainsi permettre aux agriculteurs de banlieue, habituellement sous-traitants des gros entrepreneurs, pour près de la moitié des lots, de pouvoir plus facilement se grouper et soumissionner directement à l'adjudication publique.

Pour des raisons multiples, parmi lesquelles on doit compter l'augmentation des salaires et des dépenses d'attelages, durant la période de l'Exposition, les difficultés croissantes de l'écoulement des boues, du fait de l'envahissement de la banlieue parisienne par la villégiature et, il faut bien le dire aussi, une sorte de coalition de certains des entrepreneurs soumissionnaires habituels, l'adjudication publique n'avait pas été couronnée de succès.

Sur 72 lots de quartiers d'adjudication, pour lesquels la propriété de la ga-

deux était abandonnée aux entrepreneurs d'enlèvement, 12 lots seulement ont trouvé preneurs, savoir : 7 soumissionnés par d'anciens entrepreneurs, avec des rabais variant de 0 à 22 p. 100, et 5 soumissionnés par des cultivateurs, nouveaux venus aux adjudications, avec des rabais oscillant de 0 à 10,20 p. 100.

A ce sujet il convient de remarquer ici que, si les agriculteurs soumissionnaires — d'ailleurs en partie entraînés dans la coalition de résistance — n'ont pu parvenir à faire réussir l'adjudication du 26 mai 1899, ils ont du moins, bien que modestement, contribué à rendre son échec moins éclatant. Il est bien évident, en effet que, si les agriculteurs n'étaient pas venus à l'adjudication, réclamer 5 lots directement, au lieu de 12 soumissionnés, 7 seulement auraient trouvé preneurs.

Quoi qu'il en soit, dans les conditions où cette adjudication publique s'est présentée, par la diminution de l'importance des lots d'entreprise, l'admissibilité des cultivateurs à l'adjudication publique a été impuissante à préserver le budget de la ville de Paris d'un accroissement considérable des dépenses à l'entreprise, pour le renouvellement des marchés d'enlèvement des ordures ménagères.

Au sujet des 68 lots non soumissionnés à l'adjudication du 26 mai dernier, l'administration municipale a dû recourir à des marchés de gré à gré.

Pour les gadoues des II^e et III^e arrondissements, un régime spécial a été adopté. L'Administration a traité pour 12 années avec la *Société des engrais complets*, pour le broyage des gadoues, à l'usine de Saint-Ouen-les-Docks. Moyennant une redevance par la Ville d'environ 0 fr. 35 par tonne, soit 19 000 francs en chiffres ronds pour les deux arrondissements, la dite Société doit broyer et assurer chaque année l'écoulement de 45 000 tonnes environ de gadoues, transportées à l'usine de Saint-Ouen aux frais du budget municipal. Cette obligation peut être étendue par la volonté de l'édilité, pour une même durée, à un ou plusieurs des IV^e, IX^e et X^e arrondissements. Pour ces II^e et III^e arrondissements, la Ville a dû en outre traiter directement avec des entrepreneurs, pour la collecte dans Paris et le transport à l'usine de broyage des ordures ménagères.

Pour une durée de deux années, le restant des lots non soumissionnés a été attribué à des entrepreneurs ordinaires selon la méthode ancienne, chargés de la collecte, de l'évacuation et de l'écoulement des boues, qui deviennent ainsi leur propriété.

Du fait de ces adjudications et marchés de gré à gré, avec mise en vigueur au 16 juillet 1899, la dépense municipale à la régie est bien restée la même que par le passé, à savoir, correspondante à 1 fr. 30 par tonne de gadoues. Mais la dépense à l'entreprise s'est trouvée considérablement augmentée, dans le sens de l'aggravation pour les charges budgétaires. Relative à une tonne de gadoue, en dehors de la prime de broyage pour les II^e et III^e arrondissements, la dépense

à l'entreprise est actuellement de 5 fr. 20, au lieu de 3 fr. 86, comme en 1898.

Rapportée à une tonne, la dépense de collecte, d'évacuation et d'écoulement se trouve donc être présentement de : 1 fr. 30 en régie, plus 5 fr. 20 à l'entreprise, soit 6 fr. 50 au total.

Pour une année entière, avec une production actuelle évaluée à 600 000 tonnes de gadoues, la dépense est de 780 000 francs en régie, plus 3 120 000 francs à l'entreprise, soit 3 900 000 francs au total.

C'est là une augmentation de plus de 950 000 francs, soit 43 p. 100, rien qu'à l'entreprise, si l'on compare l'année 1895 à l'année 1900, par exemple. La *carte monographique* des ordures ménagères, annexée à cette notice, pour l'année 1895, résume synoptiquement toute la documentation antérieure.

Les gadoues ont certainement une valeur très importante comme matière fertilisante pour l'agriculture. Il n'en est pas moins vrai que, depuis leur dépôt sur les trottoirs de la ville, dans les boîtes de la collecte, jusqu'à celui de leur enfouissement dans les terres de culture, les boues de Paris ont occasionné une dépense plus grande que leur valeur comme engrais. Dans l'état présent des choses, étant données les conditions de l'offre et de la demande, on doit considérer que, en plus de leur valeur argent pour l'agriculture, depuis leur dépôt dans les boîtes devant les maisons de Paris, jusqu'à celui de leur mise à pied d'œuvre dans les champs, les ordures ménagères ont occasionné une dépense de 5 fr. 20 par tonne. Cette dépense municipale à l'entreprise peut être, en évaluation, répartie de la façon suivante, pour les trois temps de l'opération :

	Francs.	
1 ^o Collecte, 2/7 du temps.	1,15	ou 22 p. 100
2 ^o Évacuation, 5/7 du temps.	2,83	» 53 —
3 ^o Écoulement, estimation	1,20	» 23 —

La répartition un peu arbitraire ci-dessus se rapproche sensiblement de la réalité pour ce qui est de la moyenne de l'ensemble des ordures ménagères de la capitale.

Par les diverses voies d'écoulement antérieurement indiquées, de terre, de fer et d'eau, les 600 000 tonnes de gadoue produites annuellement dans Paris contribuent à la fertilisation de près de 100 000 hectares de cultures des départements de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne particulièrement. Pour près de 20 000 hectares de cultures du département de la Seine, la gadoue (surtout celle de Paris) est à peu près l'engrais exclusif. Dans l'agriculture de ce département de banlieue, en effet, on sait que les récoltes fourragères et l'entretien du bétail producteur de fumier sont à peu près nuls. On n'ignore

pas non plus que le fumier provenant des 120 000 chevaux de la cavalerie et des 20 000 vaches laitières de Paris, pour la plus grosse part, est utilisé particulièrement pour des cultures spéciales, telles que celles maraîchères, florales, ornementales, des champignonnières, etc. Une faible partie de ce fumier, spécialement celui provenant des bêtes bovines, avec les gadoues, concourt à la fertilisation du territoire agricole du département de la Seine, en ce qui concerne les grandes cultures céréales et potagères.

Dans les départements de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, pour la fertilisation des terres de grande culture, les gadoues de Paris sont employées concurremment aux autres engrais habituels : fumiers de litière, déchets industriels, matières organiques et minérales, etc.

Depuis très longtemps, la plus grande étendue des terres cultivées du département de la Seine est fumée à peu près exclusivement aux boues de Paris. Il en est résulté des modifications intéressantes et fort importantes dans la composition de ces terrains, au point de vue des éléments de la fertilité.

Les terres de ce pays, le plus généralement de nature graveleuse et sableuse, ne sont pas plus riches en humus et en azote que les terres similaires plus éloignées de Paris et fumées différemment. Mais elles sont très remarquablement riches en acide phosphorique et en potasse. C'est ainsi que les terrains du département de la Seine contiennent généralement de 2 à 2,5 d'acide phosphorique et de 2,5 à 3 de potasse, pour 1 000 de leur poids.

En acide phosphorique et en potasse, une telle richesse de la terre implique que les apports d'engrais phosphatés et potassiques sont pour longtemps à peu près inutiles en vue de la production des récoltes. Les nombreux champs d'expériences et de démonstration d'engrais minéraux, établis dans le département de la Seine, il y a quelques années, ont en effet montré que les engrais phosphatés et potassiques, complémentaires des fumures, ne produisent que des effets très limités sur l'accroissement des récoltes.

Dans les terres depuis longtemps fumées à la gadoue, c'est à peu près exclusivement aujourd'hui par l'humus, amendement, et l'azote organique, aliment, que ces engrais ont encore une si précieuse action fertilisatrice.

Après le chiffonnage dans Paris, telles qu'elles sont apportées en dépôts ou en tas dans les terres, les gadoues renferment encore des quantités importantes de matériaux inertes, encombrants, qui rendent nécessaire une main-d'œuvre de triage dans les champs. Les débris de vaisselle, les tessons, les coquilles, certains matériaux de démolition, etc., provenant de ce triage, sont ordinairement conduits dans des décharges improvisées ou dans les ornières des chemins de culture. Ce triage occasionne une dépense d'une trentaine de francs par hectare, dans les conditions ordinaires de la fumure aux ordures de Paris.

Commematières utiles à l'agriculture, les gadoues contiennent de l'azote, de

l'acide phosphorique, de la potasse, de la chaux, de la magnésie, etc., qui sont des aliments des récoltes, et de la matière organique hydro-carbonée, productrice d'humus, amendement ou modificateur physique des sols.

La valeur agricole des boues de Paris est forcément très variable, suivant les quartiers de production, les saisons et d'autres conditions nombreuses. Il y a une quinzaine d'années, la Direction des Travaux de Paris avait confié un travail analytique et agronomique sur ces *excreta* à MM. A. Müntz et Ch. Girard, les deux éminents professeurs de l'Institut agronomique. Différents lots, convenablement échantillonnés, de gadoue verte et de gadoue noire, ont été soumis aux épreuves du laboratoire, tant au point de vue de l'analyse physico-mécanique qu'à celui de l'analyse chimique. Les résultats ont été forcément variables pour les deux types de gadoue et, pour chacun d'eux, suivant les milieux dans lesquels avaient été pris les échantillons. Qu'il soit dit ici seulement, à ne considérer que l'azote, l'acide phosphorique et la potasse, que le dosage moyen, à la tonne, a été approximativement le suivant :

	Kilogrammes.
Azote	3,800
Acide phosphorique	3,400
Potasse	2,400

En attribuant à ces seuls principes fertilisants la valeur commerciale, au kilogramme, de 1 franc à l'azote, de 0 fr. 25 à l'acide phosphorique et de 0 fr. 30 à la potasse, on constate qu'une tonne métrique de gadoue, par la matière fertilisante, vaut 5 fr. 21, soit 2 fr. 91 le mètre cube. On suppose ici que la valeur de la chaux et de la magnésie est confondue avec celle des trois principes dits essentiels de la fertilisation.

Mais la valeur de la gadoue n'a pas seulement pour cause la présence de ces principes fertilisants, que l'on peut également se procurer dans les engrais minéraux. Elle réside aussi dans la matière organique qui donne l'humus, le meilleur de tous les amendements.

Les engrais chimiques, qui ne contiennent pas d'humus, ne sont exclusivement que des engrais, c'est-à-dire qu'ils n'agissent dans la terre arable que par les aliments qu'ils fournissent aux récoltes.

A l'instar du fumier de litière, par la matière organique et en définitive par l'humus qu'elle contient, la gadoue, engrais complet, est aussi un amendement du sol de toute première valeur.

MM. Müntz et Girard ont trouvé que la gadoue de Paris renferme environ 14 p. 100 de son poids de matières organiques.

Dans le commerce des choses de l'agriculture, on a peu l'habitude d'attribuer une valeur marchande à l'humus. Elle n'est cependant aucunement négligeable. On n'est certainement pas au-dessus de la vérité en attribuant une valeur de

1 franc à l'humus que représente la matière organique contenue dans une tonne de boues de ville.

Au point de vue cultural, une tonne de gadoue vaudrait donc environ 6 fr. 21, comparativement aux prix ordinaires des matières fertilisantes humifères.

Rien que par l'azote, l'acide phosphorique et la potasse, pour l'année 1895, les gadoues de Paris avaient une valeur de 2 966 726 francs, soit 11 p. 100 de la valeur totale des produits de l'assainissement de la grande ville (1). Il convient d'y ajouter la valeur représentative convenue de l'humus. On trouve alors que les gadoues de Paris représentent une richesse agricole annuelle d'environ 3 533 910 francs, soit de 6 fr. 21 par tonne.

Qu'il soit entendu que l'azote et l'humus, éléments à beaucoup près les plus utiles, pour les terres du département de la Seine tout au moins, représentent les 77 p. 100 de cette valeur totale, de 3 millions et demi, des ordures de Paris.

Les boues de ville sont employées dans les champs soit à l'état de *gadoue verte* ou fraîche, soit à l'état de *gadoue noire* ou gadoue faite.

La gadoue verte est celle que l'on emploie immédiatement après l'enlèvement dans les rues de Paris. Les matières organiques diverses qu'elle renferme n'ont pas encore eu le temps d'entrer sérieusement en fermentation. L'odeur qu'elle dégage est encore peu intense.

L'emploi rationnel de la gadoue verte et forcément intermittent, suivant les nécessités des cultures et des façons à donner au sol. Dans les intervalles des labours d'enfouissement, on est conduit à faire des dépôts d'immondices.

Suivant leur importance et leur caractère, permanent ou temporaire, les dépôts de gadoues sont soumis aux prescriptions du décret du 15 octobre 1810, relatif aux établissements incommodes ou insalubres, ou bien simplement aux formalités édictées à l'ordonnance du préfet de Police en date du 24 décembre 1881. L'un et l'autre sont reproduits en annexe de cette notice.

Dès qu'elles sont mises en tas, les gadoues fraîches ne tardent pas à subir la fermentation. Celle-ci dure environ trois semaines et dégage des odeurs qui sont surtout gênantes vers le troisième jour. En tas un peu importants, du fait de la fermentation, les ordures ménagères peuvent subir un échauffement allant jusqu'à 70° centigrades. Après trois semaines de dépôt, il n'est pas rare de voir

(1) Pour cette même année, comptés aux mêmes prix, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse contenus dans les quatre *excreta* de l'assainissement de Paris avaient la valeur suivante :

	Francs.	
Dans les eaux d'égout.	15 815 187	soit 56 p. 100
— vidanges.	4 152 472	— 14 —
— fumiers.	5 119 949	— 19 —
— gadoues.	2 966 726	— 11 —
TOTAUX.	28 053 934	— 100 —

que les tas de gadoues ont diminué en hauteur de moitié et plus. Leur masse est devenue noire, à la manière du terreau de fumier, C'est d'ailleurs par un phénomène analogue de combustion incomplète que les produits cellulosiques de la gadoue fraîche se sont transformés en humus, ainsi que dans le fumier décomposé.

Durant la fermentation de la gadoue, les tas dégagent des gaz odorants, parmi lesquels dominent l'hydrogène sulfuré et les vapeurs ammoniacales. Il en résulte à la fois de minimes pertes d'azote, au point de vue de la fertilité agricole, et aussi de réels inconvénients pour la salubrité du voisinage.

En application du décret du 15 octobre 1810, les dépôts de gadoues autorisés sont :

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES DE PREMIÈRE CLASSE

DÉPÔTS DE GADOUES ET DE FUMIER AUTORISÉS EN 1899
DANS LE RESSORT DE LA PRÉFECTURE DE POLICE

- I. Dépôt de gadoue, Montreuil-sous-Bois, chemin de Saint-Denis.
- II. Dépôt de gadoue, à Romainville, chemin du Trou-Vassou.
- III. Dépôt de gadoue, à Saint-Denis, chemin des Cornillons.
- IV. Dépôt de gadoue, à Saint-Denis, lieu dit les Fourches.
- V. Dépôt de gadoue, à Saint-Ouen-les-Docks, — Usine de broyage.

Présentement les dépôts d'engrais de ville, qui donnent lieu à l'application de l'article 4 de l'arrêté préfectoral du 24 décembre 1881, sont indiqués à la page suivante.

Les cultures qui bénéficient le plus de l'emploi de la gadoue, dans la première année qui suit son enfouissement, sont : les betteraves fourragères et potagères, les pommes de terre, les asperges, les poireaux, les artichauts, les choux de toutes sortes, les potirons, les épinards, le cerfeuil, les fraisiers, le froment, etc.

Au nord de Paris, dans la région dite plaine des Vertus et plaine Saint-Denis, on fume généralement à la gadoue verte ou noire tout les quatre ans. Dans la première année de l'enfouissement, on cultive la pomme de terre, le blé, les oignons, les betteraves, les plants à forcer, etc. En deuxième année de fumure, on produit aussi les pommes de terre, le blé, les oignons, les plantes médicinales, les carottes, les tomates, les poireaux et les salades. En troisième année, viennent encore les oignons, le blé, les carottes, les salades et aussi les salsifis, l'avoine, la luzerne, le trèfle, les petits pois. Pour la quatrième et dernière année de fumure, on vient également au blé, aux salsifis, à l'avoine, à la luzerne, au trèfle, aux petits pois, ainsi qu'aux haricots. Dans ces cultures labourables, toujours alternées, la fumure, pour quatre années, est généralement de 240 tonnes pour 3 arpents, soit 60 tonnes à l'hectare et par an. Rendue à pied d'œuvre, en tas dans les champs et non triée, la gadoue verte y

est généralement vendue aux cultivateurs à raison de 2 à 3 francs la tonne. Cette fumure revient donc à la somme de 180 francs environ par hectare et par an, pour l'achat seul de l'engrais.

Dépôts de gadoues déclarés et autorisés.

DÉPARTEMENTS.	DÉPÔTS.	QUANTITÉS APPROXIMATIVES	
		par dépôt.	par département.
		mètres cubes.	mètres cubes.
Seine.	Montreuil-sous-Bois	20 550	
	Fontenay-sous-Bois	15 650	
	Créteil	4 150	
	Choisy-le-Roi	800	
	Nanterre	1 200	
	Colombes	2 400	
	Gennevilliers	6 100	
	Plaine-Saint-Denis	22 000	
	Saint-Ouen	4 000	
	Noisy-le-Sec	1 280	
	Romainville	2 200	
Total pour le département de la Seine.			80 330
Seine-et-Oise et Seine-et-Marne.	Cormeilles-en-Parisis	30 000	
	Sannois	1 200	
	Argenteuil	8 200	
	Mantes	4 400	
	Villepreux	4 850	
	Plaisir-Grignon	4 950	
	Montfort-l'Amaury	1 750	
	Pontoise	5 200	
	Pierrelaye	10 450	
	Santeny	2 900	
	Conflans	4 800	
	Saint-Ouen-l'Aumône	10 700	
	Corbeil	750	
	Villeneuve-Saint-Georges	100	
	Gagny	2 400	
	Brie-Comte-Robert	3 400	
	Breuilly	5 950	
	Angerville	720	
	Lieusaint	7 800	
Total pour les départ. de Seine-et-Oise et Seine-et-Marne.			110 520
TOTAL GÉNÉRAL			190 850

Dans la vallée d'alluvions de Montmorency, où l'on cultive beaucoup la pomme de terre hâtive, suivie de choux la même année, on fume généralement tous les ans, à dose dépassant notablement 100 tonnes à l'hectare. La gadoue fraîche y est également vendue 3 francs les 1 000 kilos, simplement rendue aux champs.

Pour la région aux terres sableuses de Rosny-sous-Bois, où l'on pratique aussi les deux mêmes cultures annuelles, la fumure aux boues de ville est également très intensive. On l'applique tous les ans, à raison de 800 mètres cubes à l'hectare. Dans ces conditions, rapportée à l'hectare et par an, la *fumure complète* reviendrait à la somme considérable d'au moins 600 francs. En voici le décompte :

	Francs.
180 mètres cubes de gadoue verte, à 2 fr. 50 le mètre cube.	450
Triage (à 0 fr. 75 la voie de 5 mètres cubes).	27
Mise en fumerons, à bras d'homme (3 francs la voie de 5 mètres cubes).	108
Épandage dans le champ (0 fr. 50 la voie de 5 mètres cubes).	18
TOTAL.	603

Lorsque la mise en fumerons dans le champ peut être faite par des attelages, la dépense de ce chef est réduite de moitié environ.

Dans ce pays, les cultivateurs achètent presque tous, à des entrepreneurs, la gadoue à l'état frais, à raison de 12 fr. 50 la voie de 5 mètres cubes, rendue à bout de champ, sur les côtés des chemins de terre. Ils la laissent fermenter et l'emploient généralement à l'état de gadoue noire.

Au pays de Montreuil-aux-Pêches, les cottières d'espaliers sont ordinairement fumées tous les ans, à la gadoue un peu faite, à raison de 100 à 150 mètres cubes par hectare, considérée à l'état frais. On la laisse ainsi presque toute l'année étalée sur le sol, au pied des arbres, sans l'enterrer. C'est là une fumure de couverture, qui agit autant et plus comme amendement que comme engrais. Son action, par la matière humique noire, est surtout physique, et a pour effet de concentrer la chaleur et de conserver l'humidité dans le sol des cottières.

Dans le département de la Seine, aux boues de ville, par 150 à 200 mètres cubes à l'hectare, on fume généralement la vigne tous les trois, quatre ou cinq ans. Cet engrais réussit également très bien pour les arbres fruitiers de plein vent, les pépinières, les cultures florales et ornementales et les plantations de fraisiers. Non sans succès, dans des conditions particulières, on l'emploie parfois aussi dans les cultures maraîchères. A Issy notamment, il est arrivé que l'on ait établi des couches vitrées, où le fumier calorigène était superposé à la boue fraîche.

La gadoue, agissant à la fois comme amendement du sol, par l'humus qu'elle

renferme et comme aliment des plantes, par les matières fertilisantes qu'elle contient, est capable de conduire aux rendements culturaux les plus intensifs et les plus avantageux.

A côté d'une même terre qui, non fumée, donne péniblement de 25 000 à 30 000 kilos de betteraves fourragères, une bonne fumure à la gadoue pourra faire passer le rendement à 60 000, 70 000 et même 80 000 kilos à l'hectare, suivant les situations.

Une terre ordinaire reposée qui, sans fumure, donnerait à peine de 18 à 20 hectolitres de blé à l'hectare, pourra rendre 30 et 35 hectolitres, si la plante sarclée précédente a été convenablement fumée à la gadoue faite. Et les autres cultures à l'avenant, de la banlieue.

Aux gares parisiennes d'expédition, rendues sur wagon de chemin de fer par les entrepreneurs d'enlèvement, les boues sont généralement vendues à l'agriculture à un prix qui varie de 0 fr. 75 à 1 fr. 50 la tonne. Pour une distance moyenne de 36 kilomètres, correspondant à une taxe ordinaire sur railways de 1 fr. 85, la gadoue arrive de la sorte, non déchargée, à la gare destinataire, à un prix de 2 fr. 60 à 3 fr. 35 la tonne.

Ainsi qu'il a été indiqué antérieurement, par chemins de fer, les boues de Paris ne voyagent guère à une distance dépassant 60 kilomètres, parce que la grande culture ne peut généralement les payer, sur wagon arrivé, à un prix supérieure à 3 fr. 50 la tonne métrique.

Les gadoues broyées à l'usine de Saint-Ouen-les-Docks, presque toutes écoulées sur voies ferrées, sont très appréciées par l'agriculture. La cause de cette faveur réside bien aussi dans l'état de division mécanique de cet engrais; mais il faut surtout la rechercher dans ce que les gadoues broyées ont été préalablement triées, c'est-à-dire débarrassées des gros matériaux inertes et encombrants, si gênants dans les champs.

Dans le broyage de la gadoue, ce qui est surtout intéressant pour l'agriculture, c'est certainement le triage préalable à la trituration.

Après triage, la fermentation des ordures naturelles en tas, qui conduit à la gadoue noire, est à peu de chose près correspondante et équivalente au broyage, au point de vue de la culture.

A Saint-Ouen-les-Docks, la gadoue broyée est ordinairement vendue à l'agriculture au prix de 1 franc à 2 francs la tonne. Mais il est des périodes de temps où, par suite de circonstances qui entravent le débardement à l'arrivée, la gadoue broyée est livrée à bien meilleur compte, et quelquefois pour rien.

La *Société des Engrais complets* aurait de grands avantages commerciaux à pouvoir garder la gadoue en dépôts dans son usine même. Mais pour cela il faudrait qu'elle fût installée dans une localité infiniment plus rurale que ne l'est Saint-Ouen, une grande ville aujourd'hui.

Les inconvénients qui résultent de l'emploi du système actuel sont nombreux, aux différents temps de l'opération d'assainissement, en ce qui concerne les ordures ménagères.

Tout d'abord, depuis 9 ou 10 heures du soir jusqu'à 5 heures 1/2 ou 6 heures du matin, suivant les saisons, les ordures, rassemblées des divers appartements, séjournent au rez-de-chaussée dans les maisons. Comme les boîtes ne sont pas fermées, dans la pratique, surtout aux temps chauds, il en résulte des émanations qui causent bien quelque gêne aux habitants.

Depuis le moment où les boîtes, sorties des maisons, sont déposées dans la rue, sur la bordure du trottoir, jusqu'à celui du transbordement de leur contenu dans les tombereaux de la collecte, c'est-à-dire pendant une heure environ, les ordures encombrant la chaussée. Elles sont exposées à des manipulations de chiffonnage qui, vu le lieu et l'heure de l'opération, ne laissent pas non plus que de présenter un certain caractère d'insalubrité, par les matières plus ou moins délaissées à la surface du sol et par les poussières répandues dans l'atmosphère. Les chiens errants, qui viennent fourrager dans les boîtes, contribuent à accroître ces inconvénients.

Les conditions d'insalubrité s'accroissent encore au temps de la collecte. Celle-ci a lieu d'abord à des heures du jour où les populations laborieuses commencent à occuper les voies publiques, pour se rendre à leurs occupations. A ces heures matinales, où la circulation est active déjà, la présence des équipages et des escouades de la collecte est une gêne pour la circulation et un objet de répugnance pour les passants; cela d'autant plus, que les tombereaux, non appropriés à ce genre de service, sont trop élevés et que leur chargement difficile occasionne l'éparpillement sur la chaussée d'une partie des ordures. C'est alors surtout que le sol de la rue est à nouveau sali et que les poussières et vapeurs envahissent l'atmosphère.

Le chiffonnage d'abord, le transbordement de collecte ensuite, ont si bien contribué à rendre la rue malpropre qu'un balayage ultérieur et tardif en est devenu nécessaire. Ce balayage à sec complémentaire, qui se poursuit au moins jusqu'à 9 heures du matin, contribue également à la pollution de l'atmosphère par des poussières de nature quelconque, parmi lesquelles peuvent se trouver les germes de la tuberculose.

A 8 heures 1/2 ou 9 heures du matin, alors que la collecte est achevée, les tribulations des Parisiens n'ont pas encore cessé, du fait de l'enlèvement des ordures. C'est le temps de l'évacuation cahin-caha des tombereaux, non étanches parfois, trop chargés souvent, jamais bâchés, se dirigeant vers les portes de Paris. La trace de ces véhicules primitifs est elle-même plus ou moins marquée par des débris d'ordures ou de papiers, pour peu que le vent se mette aussi de la partie.

Puis c'est au tour des habitants des cités de la banlieue immédiate, sur le coup moyen de midi, de jouir du passage paisible et lent de ces équipages empanachés. Que de plaintes en banlieue urbaine n'a pas occasionnées le passage, voire même le séjour, des véhicules remplis des immondices de la grande ville!

Pour les voitures chargées d'ordures qui se rendent aux 2 ports d'embarquement, aux 12 gares d'expédition, à l'usine de trituration, lesquels sont situés en pleins centres habités, les inconvénients ne sont pas moindres. Les tombereaux qui séjournent, avant leur déchargement, les péniches ou wagons chargés, durant les heures qui précèdent le départ, sont des occasions de gêne pour la salubrité de localités tout à fait urbaines.

Il y a cinq ans déjà que, devant les plaintes unanimes des populations, traduites dans la presse et par de retentissantes interpellations devant les corps élus, l'on a dû surseoir à l'établissement d'un port sec d'embarquement des gadoues, à la gare des marchandises des Batignolles.

A cause du prix élevé des transports par colliers, les tombereaux de la collecte parisienne ne peuvent pas aller bien loin non plus, opérer leur déchargement dans les terres de culture.

Les ordures ménagères sont chaque jour évacuées de Paris. L'agriculture ne les utilise que d'une façon intermittente. Pour l'emploi agricole, le dépôt temporaire est donc une nécessité, dans tout les cas, ainsi qu'il a déjà été dit.

Dans la banlieue de Paris, à juste raison, on se plaint souvent que les stationnements ou dépôts de gadoue ne soient pas assez éloignés des centres habités.

Tout est donc un peu primitif pour le moins dans ce régime d'assainissement, que nos pères nous ont légué et que nous avons pieusement conservé, presque sans y rien changer, n'étaient les sages prescriptions, imparfaitement exécutées d'ailleurs, de l'arrêté de M. le préfet Poubelle, du 7 mars 1884.

A maintes reprises pourtant de grandes commissions spéciales, les sociétés savantes autorisées, les corps élus intéressés, ont été appelés à délibérer et à statuer sur l'intéressante question des ordures ménagères de Paris.

Ainsi, à la Ville, une commission supérieure des ordures ménagères a fonctionné en 1885.

C'était déjà le temps où l'on pensait, à la faveur de tarifs réduits de chemins de fer, d'aménagements plus commodes aux gares parisiennes d'expédition, que l'on pût favoriser, par voies ferrées, l'écoulement, vers des régions agricoles éloignées, de la plus grosse partie des ordures de la capitale.

Au Comité consultatif d'hygiène publique de France, à l'instigation de deux éminents hygiénistes, MM. les docteurs Brouardel et Du Mesnil, la question des ordures a fait aussi l'objet d'études approfondies. A ce sujet, voici les sages conclusions qui avaient été prises, en l'assemblée générale, par le Comité con-

sultatif d'hygiène du Ministère de l'Intérieur, dans sa séance du 10 août 1896 :

1° « Les conditions dans lesquelles les ordures ménagères sont transportées actuellement par les chemins de fer français permettent d'assainir les abords des grandes villes en portant rapidement ces détritiques à une grande distance de leur enceinte.

2° « Sur les vastes terrains de culture qui les recevront, loin des centres populeux, il y aurait lieu d'installer des ateliers de triage, des usines de transformation, en même temps que des dépôts d'engrais, dans la saison où ils ne peuvent être répandus sur les champs qu'ils doivent fertiliser.

3° « L'incinération détruit au prix d'une dépense considérable des matières premières utiles à l'industrie, des engrais de bonne qualité que la culture réclame.

4° « Les sous-produits de la combustion des immondices sont d'un aspect désagréable, d'une valeur contestable et seraient d'un placement difficile. »

C'est sous l'empire de cette opinion, qu'il faut favoriser, sur voies ferrées, au loin, l'écoulement des gadoues, qu'à cette époque, sont intervenues les conventions entre la Ville de Paris et les Compagnies de chemin de fer. Elles avaient pour résultat un abaissement notable des tarifs de transport, pour les grandes distances, et l'établissement de ports secs d'embarquement des ordures dans 4 gares parisiennes de marchandises.

En 1896, dans un très intéressant rapport au Comité consultatif d'hygiène publique de France, MM. les docteurs P. Brouardel et Du Mesnil avaient conclu aux succès très marqués des conventions entre la Ville et les grandes Compagnies, en accusant, à leur faveur, un considérable accroissement du tonnage des ordures sur les réseaux ferrés. Il n'en était rien malheureusement. La Compagnie de l'Ouest, dans les renseignements fournis au Comité consultatif, avait indiqué, pour 1895, un transport d'engrais parisiens de 200 000 tonnes, en oubliant de mentionner que, dans ce chiffre, la gadoue ne figurait que pour 84 600 tonnes seulement.

Réellement, du fait des conventions entre Paris et les grandes Compagnies, dont MM. Poubelle, Brouardel et Du Mesnil s'étaient faits les promoteurs zélés, le tonnage du transport des ordures de la capitale, sur les différents réseaux, n'a pas été sensiblement modifié, ainsi qu'il est indiqué au tableau exact reproduit à la page suivante.

La question mérite d'être reprise, mais sur d'autres bases. C'est pour des distances utiles, c'est-à-dire inférieures à 60 kilomètres, et un prix de transport à la tonne, au-dessous de 2 francs, qu'il conviendrait de rechercher des abaissements de tarifs, en vue de favoriser l'écoulement des ordures sur les voies de chemin de fer. Le plus sûr moyen d'aboutir à ce résultat paraît être, pour de telles matières incommodes, un régime qui permettrait la substitu-

tion du *train complet* au départ au *wagon complet*, et l'embarquement en des gares assez éloignées des centres habités.

Tonnage des gadoues de Paris

TRANSPORTÉES PAR VOIES FERRÉES

COMPAGNIES.	ANNÉES.		
	1886	1894	1895
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Orléans	13 800	10 536	14 723
Ouest	66 600	72 000	84 602
Nord.	41 000	29 606	34 657
Est	23 000	26 812	21 237
Lyon.	18 000	32 502	16 958
État	»	»	35
TOTAUX.	162 400	171 456	172 212

En 1897, une Commission mixte a été instituée pour l'étude complète de la question des ordures ménagères de Paris. Le rapport de M. le conseiller Le Breton, qui résume les travaux de cette commission, est reproduit en annexe, page 119. Les conclusions suivantes y avaient été prises :

1° « Surveillance plus active des chiffonniers qui opèrent le triage des ordures ménagères dans les boîtes et répression des petits abus commis en chaque point et à chaque instant, et même, s'il était possible, suppression totale du chiffonnage dans les rues ;

2° « Mesures plus sérieuses contre les chiens errants ;

3° « Adoption de mesures empêchant toute chute de matières pendant le trajet des tombereaux ;

4° « Que l'on réserve, autant que possible, les gadoues pour l'utilisation agricole, quel que soit le mode de traitement employé ;

5° « Dans ce but :

a) « Qu'il soit établi un nouveau sectionnement des lots soumis à l'adjudication, de manière à permettre aux agriculteurs de soumissionner directement une partie des lots ;

b) « Pour faciliter les transports à distance, que les prix de revient pour les agriculteurs soient abaissés et que, d'autre part, il soit établi des prix communs réduits permettant le transit sur les lignes des différentes Compagnies. »

La Commission a eu à s'occuper aussi de divers procédés de traitement des ordures, alors proposés, tels que : le broyage, le traitement par la vapeur, l'incinération et la combustion avec distillation partielle.

En exécution des vœux de la Commission de 1897, jusqu'à ce jour, outre le lotissement correspondant au quartier, deux seules modifications, concernant le régime des ordures de Paris, sont intervenues : l'établissement de l'usine de broyage de Saint-Ouen-les-Docks, d'une part; le tarif commun pour transit entre les Compagnies de chemin de fer du Nord et de l'Est, d'autre part.

Ce n'est pas dans un procédé de traitement quelconque de la matière, ni dans une modification timide de l'un des temps de l'opération complexe de l'enlèvement et de l'utilisation des ordures, que l'on puisse trouver la solution désirable de ce vaste problème, concernant l'assainissement de Paris.

Par une refonte complète du régime actuel, encore entaché de barbarie, il convient d'envisager un *régime nouveau*, qui satisfasse à la fois aux nécessités contemporaines de l'hygiène et de la salubrité publiques, des finances de la Ville de Paris et de l'agronomie générale. Il s'agit, en un mot, d'établir un projet qui donne satisfaction à tous les intérêts en présence. Ces besoins ont, d'ailleurs, été magistralement formulés dans les conclusions précitées de la Commission municipale mixte de 1897 et surtout du Comité consultatif d'hygiène, à la date du 10 août 1887.

Avant tout, il importe de rechercher si les procédés de traitement des ordures, qui ont fait l'objet des études de la Commission mixte en 1897, et qui ont été soumis depuis à l'Administration et au Conseil municipal de Paris, réalisent l'ensemble des conditions désirables, dans le domaine hygiénique, budgétaire et agronomique.

Pour la raison qu'ils ne remplissent que plus ou moins imparfaitement l'une ou l'autre de ces conditions, et qu'ils ne sont plus présentement l'objet de propositions fermes à l'édilité, il ne sera ici rien ajouté aux procédés de traitement par la vapeur, par l'incinération avec distillation partielle et par l'incinération avec criblage, à ce qu'en a dit M. Le Breton, dans son rapport de 1897 (voir annexe page 111), sauf ce qui en est reproduit dans les tableaux synoptiques de comparaison des divers procédés de traitement, insérés pages 70 à 73.

Le *broyage*, tel qu'il est pratiqué aux docks de Saint-Ouen, ne modifie rien au régime ancien, en ce qui concerne la collecte et l'évacuation des ordures. Dans l'ordre hygiénique, pour l'usine actuelle, à unique écoulement sur chemins de fer, et pour 2 arrondissement seulement, il offre bien l'avantage d'éviter tout dépôt de gadoue dans les centres habités de la banlieue, postérieurement à l'opération du broyage; mais il présente l'inconvénient grave, préalablement

à toute manipulation, dans un centre urbain, de nécessiter un stationnement de la matière durant vingt-quatre heures de la journée, et ce pendant toute l'année.

Pour ce qui est de l'intérêt agronomique, le broyage présente une réelle amélioration, non gratuite il est vrai, sur le procédé ancien. Le triage des matériaux inertes et encombrants, préalable à la trituration mécanique, a tout d'abord une réelle importance, ainsi qu'il a été indiqué antérieurement. L'opération mécanique du broyage elle-même est avantageuse en ce qu'elle permet un chargement plus complet des wagons, un épandage plus facile de l'engrais dans les terres et une assimilation plus prompte des éléments de la fertilité.

Au point de vue budgétaire, pour Paris, durant la concession, le broyage assure un prix limité pour ce qui est de la taxe correspondante à l'écoulement; mais il n'a aucune influence, soit dans le présent soit dans l'avenir, sur la limitation des dépenses de collecte et d'évacuation jusqu'à l'usine.

En vue de l'extension ou de la généralisation éventuelle du procédé, le broyage présenterait des conditions financières fort variables, pour la Ville et les industriels, suivant l'éloignement des localités d'emplacement des usines.

La *proposition de M. Yvert* consiste : à recevoir, jusqu'à concurrence de 500 tonnes par jour, les ordures de Paris dans un port sec d'embarquement, à aménager aux frais de la Ville, dans la gare des marchandises des Batignolles; à évacuer, par trains complets, ces ordures jusqu'à la gare des Mureaux; enfin à les utiliser culturalement dans une propriété de la région.

Ce système n'innoverait rien au régime actuel, en ce qui concerne les conditions hygiéniques de la collecte, de l'évacuation et du stationnement des tombereaux et des wagons à la gare urbaine d'embarquement.

Les dépenses de la Ville, pour la durée du contrat, resteraient fixées à 1 fr. 75 par tonne, pour ce qui est seulement de la taxe correspondante à l'écoulement. Aucune limitation, du fait de ce marché, ne serait assurée à la Ville en ce qui concerne les dépenses de collecte et d'évacuation jusqu'à la gare d'embarquement.

Cette proposition, d'ailleurs, ne saurait être accueillie, pour la seule raison que la Ville de Paris projette de convertir très prochainement en champ d'épuration des eaux d'égout les régions agricoles que M. Yvert voudrait consacrer à l'utilisation des ordures ménagères.

Inutile d'ajouter que le broyage et le procédé de M. Yvert assurent complètement l'utilisation intégrale des éléments de fertilité contenus dans les gadoues.

Le procédé d'*incinération* des ordures ménagères, au contraire, fait tout d'abord litière, ou bien peu s'en faut, des intérêts de l'agriculture. On a vu plus

haut, en effet, qu'il détruit irrémédiablement l'humus et l'azote, représentant les 77 p. 100 de la valeur de ces engrais, pour ne conserver dans les cendres que l'acide phosphorique et la potasse, soit les 23 p. 100 seulement de la valeur fertilisante des gadoues. Il a été indiqué également que les terres culturales du centre du Bassin de Paris ont infiniment plus besoin d'éléments humifères et azotés que d'engrais phosphatés et potassiques.

Il convient maintenant d'envisager sincèrement si la combustion des ordures ménagères, à ce point compromettante pour les besoins de l'agronomie, satisfait au moins les intérêts de la salubrité publique, comme ceux du budget de la Ville de Paris.

Indépendamment de tout emplacement d'usine de crémation, ce procédé de traitement n'assure tout d'abord aucune amélioration en ce qui concerne la collecte et l'évacuation. On peut admettre que l'incinération des ordures, autocomburantes, produise des fumées fort peu gênantes pour le voisinage. Ce procédé supprime bien — et c'est là son unique mérite — l'obligation de faire des dépôts de matières désagréablement odorantes, préalablement à toute utilisation agricole. Mais, avant la combustion, il nécessite le stationnement des ordures, pour l'alimentation des usines. Il est admis que les fours d'incinération doivent avoir un fonctionnement indiscontinu. Cela revient à dire que, dans les usines, il doit toujours y avoir un approvisionnement d'ordures, dont l'âge peut bien être limité à 24 heures, mais dont le stationnement doit être régularisé durant tous les jours de l'année.

Dans les centres habités, pour les ports et gares d'embarquement, on se plaint déjà, à juste raison, du stationnement accidentel, durant quelques heures, des tombereaux et des wagons chargés d'ordures ménagères.

Si les usines d'incinération venaient à être établies dans des localités analogues, les mêmes inconvénients seraient encore très largement aggravés, du fait de la régularisation et de la prolongation en durée des stationnements de gadoue dans les usines.

Afin d'éviter les inconvénients résultant du stationnement obligatoire avant la combustion, on aurait bien la ressource d'établir les usines en pleine campagne, loin des centres habités. Mais alors, la dépense d'évacuation étant accrue d'autant, ne conviendrait-il pas, si possible, d'aller s'installer un peu plus loin encore pour que, les groupements d'habitations n'existant plus, les dépôts comme les stationnements d'ordures ne présentent plus d'inconvénients pour personne? On en recueillerait tout au moins le bénéfice de conserver un engrais si précieux pour l'agriculture régionale.

Au point de vue de l'incommodité résultant des odeurs par l'incinération des gadoues, il est impossible de sortir de l'une ou l'autre de ces deux alternatives également fâcheuses : par le stationnement des ordures, gêne pour la

salubrité, si les usines ne sont pas très éloignées des centres habités; inutilité de ruiner l'agriculture et d'aggraver très lourdement les charges budgétaires de la capitale, si les emplacements d'usines sont assez éloignés des groupements d'habitations. Il est bien certain, en effet, que les localités rurales où les dépôts de gadoues cessent d'être gênants, sont bien voisines, au delà, de celles où les stationnements d'ordures ont déjà cessé d'être compromettants pour la salubrité.

Pour ce qui est de l'importance, quelquefois invoquée, de l'incinération des ordures ménagères dans la prophylaxie des maladies contagieuses, il convient d'exposer que personne n'est plus qualifié, en cette matière, que le Doyen de la Faculté de médecine de Paris et la quasi-unanimité des membres du Comité consultatif d'hygiène publique de France. Or, les uns et les autres, à ce point de vue, se sont solennellement prononcés contre l'incinération. Il convient d'ailleurs de les en féliciter hautement, au nom des intérêts agricoles et budgétaires parisiens.

On a bien aussi cité quelques exemples de transmissibilité de maladies infectieuses par des gadoues provenant d'hôpitaux. Ces ordures auraient contenu des débris de pansements infectés de sanies spécifiques.

Il a été relaté également, en province éloignée, un tas d'ordures qui serait devenu un foyer d'épidémie teigneuse, parce que des enfants y auraient ramassé une casquette ayant appartenu à une personne atteinte de cette maladie. Si cette coiffure eût été recueillie sur un tas de sable ou de fumier, par exemple, n'aurait-elle pas occasionné la même contagion?

Par mesure prophylactique, dans les hôpitaux et ailleurs, ce qu'il convient de désinfecter, d'incinérer, ce sont les objets ou matériaux spéciaux pouvant contenir des germes de maladies contagieuses, et non les ordures ménagères de toute une ville ou les fumiers d'une région agricole.

Dans le cas spécial d'une usine d'incinération sans criblage préalable, à Bondy, dans les terrains de la voirie de l'Est, aujourd'hui désaffectée, il a été précisément établi que, rapportée à la tonne, la dépense serait la suivante : à la collecte et à l'évacuation cumulées 5 fr. 50 ; à l'écoulement (frais correspondants d'incinération) 2 fr. 40 ; soit au total 7 fr. 90. C'est là, juste une augmentation de 100 p. 100 sur la taxe d'écoulement, et de 52 p. 100 pour l'ensemble des dépenses à l'entreprise, en comparaison du régime actuel.

On a dit également : si l'incinération aggrave lourdement les charges budgétaires à l'entreprise, elle a pour le moins l'avantage d'offrir une limite infranchissable à l'accroissement futur des dépenses municipales. Cela est vrai assurément pour ce qui est de la taxe d'écoulement (tout d'abord doublée) ; mais il n'en est pas moins certain que la combustion des ordures laisserait, pour l'avenir, la porte ouverte à tous les accroissements possibles, pour ce qui est des taxes afférentes à la collecte et à l'évacuation.

Au résumé : l'incinération des ordures, repoussée des hygiénistes, ne procurerait que des avantages très incertains pour la salubrité de Paris et de sa banlieue; elle serait impuissante à assurer dans l'avenir la limitation des dépenses; elle occasionnerait certainement les troubles les plus graves dans l'économie agricole de la région, qui ne manqueraient pas d'influencer l'approvisionnement de la capitale; elle pèserait, enfin, d'un poids très lourd sur le budget de la Ville.

Ce n'est certainement pas ce mode de traitement qui puisse conduire à la solution du problème si complexe de l'assainissement de Paris, en ce qui concerne les ordures ménagères.

L'hygiène urbaine et la salubrité publique sont des sciences de création assez récente. Elles n'en ont pas moins dégagé déjà des règles, presque des lois, qui doivent présider à l'établissement des projets d'assainissement des cités, quels que soient les *excreta* considérés.

Pour les produits usés de la digestion animale, liquides ou véhiculés dans l'eau, la Ville de Paris a su adopter un plan d'assainissement qui, malgré les difficultés de l'heure présente, restera un modèle, au triple point de vue de la conception, de l'exécution et de l'exploitation. C'est le *tout à l'égout*, par la suppression des fosses fixes, au départ, complété par l'*épuration terrienne* et l'*utilisation agricole*, à l'arrivée.

Les raisons qui font que ce plan d'assainissement doive être considéré, à tous les points de vue, comme un très considérable progrès sur l'état de choses ancien ne sont-elles pas les suivantes : Suppression du séjour des ordures dans les maisons; leur évacuation aussi prompte et rapide que possible depuis le moment de leur production; invisibilité de cette évacuation, toujours répugnante; transport de ces matières en rase campagne, assez loin des groupements d'habitations, pour que la vue et l'odorat des personnes n'en soient pas affectés; enfin, épuration terrienne et utilisation agricole des éléments de fertilité contenus dans les déchets de la vie?

Les ordures ménagères, *excreta* solides, ne sont pas automobiles par la simple déclivité, comme les produits liquides du tout à l'égout. Elles demandent à être véhiculées mécaniquement. Il n'en est pas moins vrai que les règles générales de la salubrité et de l'économie, applicables aux unes, le sont également aux autres, de ces deux types de matières d'assainissement.

Au point de vue de la salubrité et de l'économie générale, un projet d'assainissement concernant les ordures ménagères, pour être à la hauteur des données de la science contemporaine, devrait assurer les conditions essentielles suivantes :

Pour les maisons, réduction notable du séjour des immondices ;

Dans la rue, limitation du séjour des gadoues; possibilité de suppression du chiffonnage, qui demanderait à être transporté loin des centres habités; collecte nocturne, aux heures où la circulation est le moins intense et où le balayage (humide si faire se peut) de la chaussée n'est pas encore effectué; utilisation de véhicules propres, bas, étanches et bâchés après le chargement; évacuation nocturne ou tout au moins fort matinale, propre, rendue très rapide par les moyens mécaniques les plus perfectionnés; limitation et suppression si possible du stationnement des véhicules chargés dans les gares et ports d'embarquement;

Ilors la ville, par des procédés d'évacuation remplissant les conditions précédemment indiquées, de temps propice, de propreté et de célérité, transport des immondices, loin de Paris et de sa banlieue suburbaine, en pleine campagne agricole, très à l'écart des centres habités;

Dans les localités purement rurales, ci-dessus mentionnées, quelque part aux limites du département de la Seine, vers le chemin de fer de la Grande-Ceinture, après chiffonnage et triage des matières inertes, établissement d'usines de trituration, ou formation de dépôts très temporaires de gadoues, en vue de l'unique utilisation agricole, par voies d'écoulement de terre ou de fer.

Si ces conditions favorables à la salubrité et à l'agriculture pouvaient être conciliées avec les nécessités budgétaires de Paris, sans apporter de troubles graves aux habitudes des personnes intéressées, chiffonniers et concierges, toutes choses seraient pour le mieux. Un régime satisfaisant à ces multiples besoins permettrait de réaliser un très réel progrès sur le mode actuel et sur les procédés présentés jusqu'à ce jour.

(A suivre).

MÉTALLURGIE

DU MOULAGE SUR MICA DES PRÉPARATIONS POUR MÉTALLOGRAPHIE, PAR **M. H. J. Hannover**, professeur à l'École polytechnique de Copenhague, directeur du Laboratoire d'essais de l'État danois.

C'est un fait bien connu : qu'il est difficile de produire par le polissage de bonnes préparations pour la métallographie microscopique des alliages mous. C'est ainsi que, par le polissage d'un alliage d'étain et de plomb, l'on étend le plomb sur l'étain de manière qu'il est impossible de distinguer nettement la structure sous le microscope. C'est pourquoi on a cherché à obtenir d'une autre manière une surface unie. MM. *Ewing et Rosenhain* ont proposé, dans les *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, séries A, vol. 193, p. 354, de mouler l'alliage sur verre ou sur acier poli, et je sais que M. le professeur *H. le Chatelier* a entrepris des moulages sur verre en descendant diamétralement dans un tube en verre une lame verticale qui arrive presque au fond, de manière, qu'il moule d'un seul coup deux échantillons cohérents, faciles à séparer.

Cependant le verre casse souvent, ainsi que le font remarquer MM. *Ewing et Rosenhain*. Ayant parlé de ce phénomène à M. *Chr. Christensen*, de Copenhague, celui-ci me proposa d'employer pour le moulage le mica au lieu du verre, et j'ai obtenu, en suivant ce conseil, de très bons résultats, le mica ne cassant pas. La photographie ci-jointe fait voir la préparation d'un alliage de 20 p. 100 Sb et de 80 p. 100 Pb, moulé sur mica; elle montre distinctement un fond d'alliage eutectique duquel l'antimoine en excès se dégage en grands cristaux. Pour la préparation d'alliages d'étain et de plomb, les composants préalablement pesés furent fondus ensemble dans un petit creuset sous du cyanure de potassium. Sur une feuille de mica fraîchement fendue, on disposa un petit entonnoir creusé dans un morceau de charbon de bois dont la base avait été rodée plane. Dans cet entonnoir, l'alliage fut moulé sur la feuille de mica après l'avoir réchauffée, ainsi que l'entonnoir de fusion, et placée ensuite sur de la poudre de charbon de bois. Le même procédé ne donne pas avec les alliages de plomb et d'antimoine une surface d'un poli parfait. Pour obtenir la préparation qu'on peut voir sur la photographie, le petit morceau, après un premier moulage sur mica, fut placé sur une autre feuille de mica et couvert de cyanure de potassium. Une flamme du chalumeau fut dirigée contre l'alliage et, au moment où il fondit,

en présentant une surface tout unie, une autre feuille de mica chauffée à l'avance fut placée sur lui et pressée jusqu'après la solidification. La surface supérieure est restée parfaitement claire, ce dont on peut se rendre compte en examinant la photographie.

On n'obtient pas de bons résultats en chauffant par dessous la feuille de



Fig. 1.

mica qui supporte l'alliage parce que cette lame se gondole sous l'action de la chaleur. Il faudra évidemment modifier les détails du procédé suivant le cas, mais, en général, le moulage sur mica pourra avoir de sérieux avantages par rapport au moulage sur verre. Pour un motif, j'ai cru devoir, à la demande de M. le professeur H. Le Chatelier, et avec l'autorisation de M. Christensen, publier ces renseignements sur un mode opératoire qui pourra rendre quelques services en métallographie.

PROGRÈS RÉALISÉS DEPUIS 1889 DANS LA MÉTALLURGIE DU FER ET DE L'ACIER ET SPÉCIALEMENT DANS LE PROCÉDÉ MARTIN. Par **M. Henry M. Howe** (1).

Depuis le Congrès tenu à Paris à l'occasion de l'Exposition de 1889, la production du haut fourneau a été poussée jusqu'au chiffre énorme de 600 tonnes environ par fourneau et par 24 heures; en même temps, on a réalisé de sérieuses économies par l'adoption de dispositifs mécaniques pour la coulée de la fonte et le concassage des gueuses en fragments de grosseur convenable.

L'accroissement de production a été réalisé principalement en augmentant le diamètre du creuset, condition évidemment nécessaire, puisqu'on ne peut songer à brûler économiquement plus d'une quantité définie de coke par mètre carré et par seconde, et en ayant recours à des machines soufflantes d'une très grande puissance.

En Amérique, cet accroissement dans la production du haut fourneau a précisément eu lieu à l'époque où l'on essayait d'utiliser les minerais bon marché mais très pulvérulents de Mesabi; par bonheur, ces deux pratiques nouvelles ont réussi pleinement l'une par l'autre. On sait, en effet, qu'une des difficultés que l'on éprouve dans l'emploi de ce minerai fin, qui représente dans bien des cas un tiers de la charge, est la formation de concrétions suivies de glissements qui peuvent déterminer de dangereuses explosions. L'emploi d'une soufflerie puissante est donc un excellent moyen de prévenir ces agglomérations de la charge.

On ne saurait, d'autre part, accorder trop d'importance à l'utilisation des gaz de haut fourneau comme source de force motrice.

Dans l'opération du puddlage, nous n'avons à signaler aucun changement capital. Il est cependant intéressant de noter, que ce procédé d'affinage, qui a été tant de fois et depuis si longtemps condamné à disparaître, fait encore preuve d'une telle vitalité que l'on pourrait signaler des fours de puddlage à bras construits encore tout récemment pour la production de lingots destinés à l'affinage au creuset.

Ce dernier mode d'affinage n'a subi aucune transformation digne d'être signalée. Tout au plus pourrait-on noter, qu'en raison de l'usure rapide des creusets en graphite et du prix élevé de ces appareils, qui étaient presque exclusivement employés jusqu'ici en Amérique, on a cherché à leur substituer les creusets en terre réfractaire.

Peu de changements à signaler dans l'opération Bessemer. On continue à employer les petits modèles de convertisseurs, tels que ceux de Robert et de Tropenas, qui ont de chauds partisans. Dans ces appareils, la perte de fer par oxydation atteint 20 et même 25 p. 100; il est donc probable que le métal ainsi produit revient plus cher qu'au four à sole. Par contre, il est beaucoup plus chaud et, pour les moulages de petites dimensions, les rebuts sont moindres. Comme d'ailleurs les frais de moulage et de travail des petites pièces représentent plus que le prix de revient du métal lui-même, il est possible que, dans ce cas particulier, le petit convertisseur soit encore plus économique que le four à sole.

Dans les grands ateliers Bessemer, nous avons à signaler un nouvel accroissement de production des appareils, ainsi que les économies considérables réalisées par le

(1) Mémoire présenté au *Congrès international des Mines et de la Métallurgie*, Paris, Exposition de 1900.

système de la coulée par trains (car-casting). Dans ce système, les lingotières qui reçoivent l'acier fondu sont montées sur un train de wagonnets et remorquées, dès qu'elles ont reçu leur charge, jusqu'aux fours de réchauffage. Par ce moyen, on réduit de moitié les frais de manœuvre, des lingotières et des lingots, avantage appréciable lorsqu'il s'agit de déplacer en 24 heures 1000 lingots au rouge blanc et autant de lingotières portées à haute température. En outre, cette opération, qui dégage une quantité énorme de chaleur, ne se fait plus ainsi dans l'atelier même, où l'atmosphère était irrespirable, mais dans un emplacement convenablement choisi, où la chaleur dégagée des lingots et lingotières par rayonnement ne rend plus aussi pénible le travail de l'ouvrier (1).

Grâce à ces dispositions, l'aciérie Duquesne (Pennsylvanie) est arrivée à produire 2289 t de lingots, soit 239 charges par 24 heures, avec une paire de convertisseurs de 10 t, ce qui représente une marche par 6 minutes pour la période totale. Cette production a été maintenue pendant une semaine entière, et représentait 1.330 charges, soit 12.735 t de lingots d'acier.

On ne saurait dire que l'opération Bessemer basique soit fortement établie en Amérique. Jusqu'ici, en effet, nous n'avions pas, dans ce pays, de minerais donnant des fontes suffisamment riches en phosphore pour fournir la chaleur nécessaire à l'opération basique. Ici, nous ne pouvons, comme dans le cas de l'opération acide, compter sur la combustion du silicium de la fonte pour atteindre la température nécessaire, parce que la silice résultante attaquerait le garnissage de la cornue et, en acidifiant la scorie, entraverait la marche de la déphosphoration. Par conséquent,

(1) Dans l'ancien système, l'acier était coulé dans de grandes lingotières disposées à l'intérieur d'une fosse profonde. Après commencement de solidification, les lingotières étaient détachées des lingots et déposées sur le sol de l'atelier. Les lingots étaient enlevés un à un, chargés sur wagonnets et transportés au four de réchauffage. Les lingotières étaient ensuite ramenées dans la fosse de coulée pour recevoir de nouvelles charges. Dans ces conditions, chaque lingotière devait être manœuvrée deux fois : une première fois pour la détacher du lingot, et, une seconde fois, pour la replacer dans la fosse de coulée. De même, chaque lingot était manœuvré deux fois : une première fois pour le transporter de la fosse de coulée au wagonnet, et une deuxième fois du wagonnet dans le four à réchauffer. En outre, pendant tout ce temps, les lingotières restaient dans l'atelier d'affinage en y dégageant, par rayonnement, une quantité de chaleur considérable. Les lingots y restaient également : 1° jusqu'à ce qu'ils fussent suffisamment refroidis pour être enlevés de la fosse au moyen de la grue ; 2° jusqu'à ce qu'ils fussent en nombre suffisant pour former la charge du wagonnet destiné à les porter jusqu'au four de réchauffage. En été, la chaleur rayonnée simultanément par les lingotières et le métal rouge était presque intolérable.

Dans le système de coulée par trains imaginé par M. F. W. Wood, président de la « Maryland Steel Company », les lingotières, au moment où elles reçoivent le métal liquide, sont portées sur un train de wagonnets que l'on remorque aussitôt, les lingotières étant pleines jusqu'aux fours à réchauffer, qui se trouvent dans un autre bâtiment. Lorsque ce premier train atteint les fours à réchauffer, il se trouve accolé à un second train placé sur une voie parallèle. Par une simple manœuvre, la grue enlève à la fois deux lingotières qu'elle dépose sur le train d'attente. Ce train, aussitôt chargé, se dirige vers un terrain où les lingotières se refroidissent à l'air libre, puis il retourne à l'atelier Bessemer. En même temps, les lingots débarrassés de leurs lingotières sont enlevés du premier train par une autre grue qui les charge dans le four à réchauffer. Il n'y a donc, pour la charge lingotière, qu'une seule manœuvre pour la porter du premier train au second ; et, pour chaque lingot, une seule manœuvre également, pour le porter du premier train directement au four à réchauffer. En outre, les lingots qui se trouvent à la température du rouge-blanc ne restent à l'air libre que pendant quelques secondes, et toutes les opérations exothermiques, au lieu de se passer dans l'atelier d'affinage même, sont transportées en un point où elles présentent moins d'inconvénient.

nous ne devons compter que sur le phosphore comme agent calorifique, et ce sont précisément les minerais phosphoreux qui nous manquent en Amérique.

Je crois utile de mentionner un moyen que j'ai proposé pour tourner la difficulté. On sait que, dans l'opération Bessemer acide, telle qu'on la mène rapidement en Amérique, on commence le soufflage d'une cornue à l'instant précis où l'on cesse le soufflage de la cornue jumelle, en sorte que les charges se succèdent à des intervalles de 10 minutes environ pendant toute la journée. Les pertes de chaleur par radiation sont donc extrêmement faibles, en sorte qu'on peut travailler des fontes beaucoup moins siliceuses que dans les ateliers Bessemer d'Europe. Dans ces conditions, toute la chaleur nécessaire à l'opération est fournie par 0,80 p. 100 de silicium, soit le tiers environ de la proportion que l'on trouve dans la plupart des fontes Bessemer européennes. Cette marche avec fonte pauvre en silicium s'est beaucoup répandue en Amérique, et elle se généraliserait peut-être encore davantage sans la difficulté que l'on éprouve à produire des fontes peu siliceuses qui soient en même temps suffisamment exemptes de soufre.

Puisqu'on a réussi pratiquement, en Amérique, à travailler au convertisseur acide des fontes moins siliceuses qu'en Europe, grâce à la rapidité de l'opération, je crois qu'il serait également possible, grâce aux mêmes conditions de travailler au convertisseur basique des fontes moins phosphoreuses que les fontes européennes. Il deviendrait alors possible de tirer parti de certains de nos minerais et en particulier de ceux que l'on rencontre dans les États du Sud.

Si importants que soient les progrès que je viens de résumer, il est permis de se demander s'ils égalent en intérêt ceux que l'on a réalisés dans l'opération Martin sur sole. Ceux-ci semblent justifier la fameuse prévision de Holley : « Le Martin assistera aux funérailles du Bessemer ».

Parmi ces progrès, nous pouvons citer :

- 1° Les dimensions plus grandes que l'on donne aujourd'hui au four à sole ;
- 2° L'emploi de plus en plus fréquent d'appareils mécaniques de chargement ;
- 3° L'extension rapide de l'opération sur sole basique, qui a restreint l'usage de l'opération acide à la fabrication d'aciers fins de qualités spéciales ;
- 4° La plus grande rapidité de l'opération ;
- 5° Les petites coulées plus fréquentes, même avec des appareils de capacité beaucoup plus considérable qu'autrefois ;
- 6° L'adoption de fours basculants.

Fours de grande capacité. — On rencontre aujourd'hui couramment des fours de 50 t. L'aciérie de Pencoyd (Pensylvanie) possède déjà un four de 75 t, et l'on projette d'y construire des fours de 125 et même 150 t. Le prix de revient par tonne de métal doit naturellement diminuer lorsque les dimensions et la capacité de production augmentent.

Appareils mécaniques de chargement. — L'appareil de chargement système Wellman est si connu, que toute description en rapport avec le cadre de ce mémoire serait superflue. Je me bornerai à rappeler que, dans l'ancien système, la fonte et les riblons étaient amenés jusqu'au pied du four, puis chargés à la main, morceau par morceau. Les portes de chargement devaient nécessairement rester ouvertes pendant toute la durée de cette opération, non seulement on perdait la chaleur entraînée à l'extérieur par rayonnement du four (chaleur d'autant plus coûteuse que la température est plus

élevée), mais le travail de l'ouvrier, au voisinage de cette température, était extrêmement pénible et dangereux. Dans le procédé de chargement mécanique, au contraire, le métal n'est manœuvré qu'une fois, dans un chantier aéré, lorsqu'on le charge sur les wagonnets qui doivent l'amener jusqu'au pied du four. En ce point, il est saisi mécaniquement et chargé avec une très grande rapidité, sans que les ouvriers soient exposés longtemps à l'action de la chaleur rayonnante.

Rapidité plus grande de l'opération. — Lorsque la charge du four à sole consiste, comme dans les aciéries westphaliennes, principalement en riblons, l'opération marche rapidement, et l'on peut passer quatre ou même six charges par 24 heures. Il n'y a là rien de surprenant puisque, le riblon étant peu carburé, la décarburation est presque achevée au moment où la charge est fondue et suffisamment chaude pour être coulée.

Au contraire, partout où la fonte constitue la majeure partie de la charge, l'opération Martin a présenté jusqu'ici le désavantage d'un faible rendement par 24 heures. La charge, une fois amenée à fusion, contient encore une forte proportion de carbone, et la décarburation par l'action oxydante du minerai que l'on introduit dans le four ne saurait être conduite trop rapidement, sinon le dégagement considérable d'oxyde de carbone qui l'accompagne aurait pour effet de déterminer un bouillonnement de toute la charge et de projeter une partie du métal hors des portes de chargement ou même à l'intérieur des carnaux. Par conséquent, lorsque la charge est formée de fonte seulement (opération fonte-minerai), on ne peut passer que 7 charges environ par semaine; si, comme dans la pratique américaine, elle consiste en parties à peu près égales de fonte et de riblons (opération fonte-scrap), on ne peut encore passer que 14 charges environ par semaine. Cette marche, comme on le voit, est bien lente, si on la compare à celle du convertisseur, où l'on peut passer jusqu'à 100 charges par 24 heures.

La production par four a été presque quadruplée par l'adoption du procédé Bertrand-Thiel (1), même en travaillant dans des conditions défavorables. Dans ce procédé, on utilise deux fours Martin basiques : un petit four supérieur, dans lequel la fonte est amenée à fusion et partiellement affinée, et un four inférieur dans lequel on fond toute la charge de riblons en même temps que le reste de la fonte et un peu de minerai de fer. Comme la charge du four inférieur est en couche mince, qu'elle contient plus de riblons que celle du four supérieur, et enfin qu'on lui ajoute une forte proportion de minerai, elle se trouve être déjà fortement oxydée au moment où la charge du four supérieur n'est que partiellement affinée. Cette charge supérieure, partiellement affinée, est alors amenée sur la sole du four inférieur (en ayant soin de retenir la scorie au passage), et mélangée avec la charge oxydée. Les deux charges réagissent violemment et rapidement l'une sur l'autre, et l'affinage s'effectue presque instantanément. Dès que la décarburation est suffisante, on procède aux additions finales et l'on coule comme d'habitude. La rapidité de cette opération semble due à un affinage plus rapide dans le four inférieur.

On est donc en droit de se demander pourquoi cet affinage est plus rapide.

Dans l'opération Martin ordinaire, la vitesse de décarburation est limitée par le bouillonnement de la charge, qui risque d'entraîner une partie du métal hors des portes ou à l'intérieur des carnaux.

(1) *Transactions American Institute of Mining Engineers*, Washington Meeting, février 1900. — *The Mineral Industry*, VII, p. 329. — *The Engineering and Mining Journal*, LXVIII, p. 276, 2 septembre 1899.

Dans le procédé Bertrand-Thiel, au contraire, la rapidité de l'affinage peut être attribuée aux trois raisons suivantes :

1° Pour un four de dimensions données, il y a plus d'espace libre pour le métal, en raison de la faible quantité de scorie, celle du four supérieur ayant été éliminée au passage et celle du four inférieur provenant surtout de la portion oxydée du métal, alors que, dans l'opération ordinaire, la gangue du minerai en fournit une grande quantité ;

2° Le métal mi-affiné et le métal affiné se diffusent très rapidement, en sorte que la réaction s'accomplit simultanément dans toute la masse du métal. Dans l'opération Martin ordinaire, au contraire, cette réaction se produit localement et progressivement entre le minerai de fer froid et la surface libre du métal seulement, en sorte que le métal et la scorie se refroidissent aux points d'action du minerai et prennent l'état pâteux. Je reviendrai d'ailleurs ultérieurement sur cette question de l'état pâteux ;

3° La température est plus élevée dans l'opération Bertrand-Thiel : d'abord en raison même de la plus grande rapidité de la réaction exothermique qui s'accomplit entre l'oxyde de fer et le carbone, et ensuite parce que les matières réagissantes — métal mi-affiné et métal mi-oxydé — se trouvent à une température très élevée, alors que, dans l'opération Martin ordinaire, la réaction se passe entre le carbone du métal refroidi par places et le minerai de fer froid.

On peut alors se demander pourquoi cette décarburation, par le fait même qu'elle est plus rapide, ne détermine pas un bouillonnement considérable. La raison en est que le bouillonnement ne peut se produire qu'avec un corps plus ou moins visqueux, et je rappelle que s'il est facile de faire mousser de la crème et des œufs, il est impossible de faire mousser de l'eau ou de l'alcool. La scorie, précisément parce qu'elle est moins fluide que le métal, est la principale cause du bouillonnement. Nous pouvons donc dire que si le bouillonnement, même avec décarburation très rapide, n'est pas excessif dans l'opération Bertrand-Thiel, il faut l'attribuer à trois causes : 1° il y a peu de scories ; et cette scorie, étant très chaude, est aussi très fluide ; 2° l'ensemble de la charge se trouve à une température plus élevée que dans l'opération Martin ordinaire ; 3° la scorie ne se trouve pas, comme dans l'opération ordinaire, refroidie juste aux points où le minerai qui flotte à sa surface dégage de l'oxyde de carbone.

Coulées de l'acier par petites quantités. — Pour remédier au désavantage du procédé Martin ordinaire, dont la puissance de production est trop restreinte, on a construit des fours à sole de capacité de plus en plus grande. Mais, lorsqu'il s'agit de faire du rail et de la tôle, ces fours de grande puissance ont l'inconvénient de ne donner du métal qu'à de longs intervalles et par lots beaucoup trop considérables, dont le poids peut atteindre 50 à 75 tonnes. Dans ce cas, le procédé Bessemer présente, au contraire, l'avantage de donner des coulées de moindre importance, par exemple de 10 tonnes chacune, à des intervalles de temps variant de 10 à 15 minutes.

Cet inconvénient du four à sole paraît devoir être surmonté par l'adoption du procédé continu sur sole basique, imaginé et mis au point par M. Talbot, de Pencoyd (Pennsylvanie).

Au lieu de traiter chaque charge individuellement, comme dans l'opération Martin ordinaire, et de couler en une seule fois la totalité du métal, M. Talbot emploie un four basculant du système Wellman, et coule à intervalles assez rapprochés, de manière à ne retirer du four que le quart environ de la fournée. Le métal coulé est remplacé par de la fonte liquide, qui se diffuse immédiatement dans le bain. Au bout de quelques

heures, on coule de nouveau un quart de la fournée, que l'on remplace encore par une quantité équivalente de fonte. L'opération se poursuit ainsi, pendant toute une semaine, sans vider le four ni changer sa température d'une façon appréciable.

Outre l'avantage d'utiliser ainsi un four à grande capacité pour la production de lots d'acier de faible poids, ce procédé permet également de supprimer les difficultés qui proviennent, dans l'opération ordinaire, de la fusion intermittente de charges successives. Ces difficultés sont les suivantes :

1° La température basse et les conditions de contact pendant la fusion favorisent l'oxydation du fer et du silicium, avec formation d'une scorie relativement riche en ces deux éléments, et par conséquent très corrosive, qui attaque fortement la sole du four avant que celle-ci ne soit recouverte d'une couche protectrice de métal fondu. C'est cette période de formation de scorie siliceuse et ferrugineuse qui est la plus préjudiciable à la conservation de la sole et des parois du four ;

2° Si, pour une raison quelconque, il est impossible de pousser ultérieurement la température jusqu'au degré nécessaire, il peut devenir difficile de réduire à nouveau le fer primitivement oxydé dans ces conditions ;

3° A cette température relativement basse, qui se maintient pendant toute la fusion et même un peu après, la décarburation est nécessairement lente, et elle ne peut s'accélérer que lorsque la température s'est relevée suffisamment, c'est-à-dire au bout d'un temps très long.

Dans le procédé continu, on ne fond qu'une seule fois par semaine ; les inconvénients signalés plus haut ne se produisent donc qu'une seule fois tous les sept jours, au lieu de se renouveler à chacune des charges. En outre, au moment où on introduit la fonte liquide, le four est déjà presque plein de métal fondu qui protège la sole. La charge, même si elle était constituée par des riblons, n'aurait qu'un rôle oxydant très faible, puisqu'elle passe immédiatement sous la couche de métal liquide qui se trouve déjà dans le four. Quant à la silice qui résulte de l'oxydation du silicium, elle se trouve immédiatement diluée dans une masse considérable de scorie basique ; il ne se forme donc pas, même temporairement, de scorie silico-ferrugineuse, comme dans l'opération discontinue, et la sole est à l'abri de l'attaque de la scorie.

Dans ces conditions, M. Talbot peut traiter au four à sole des fontes à 1,50 p. 100 de silicium au lieu de 1,00 p. 100, qui constitue la limite extrême dans l'opération discontinue. C'est là un avantage considérable, puisqu'il peut utiliser ainsi une plus forte proportion de la production d'un haut fourneau donné. En fait, il a pu jusqu'à présent réaliser une fabrication très économique en achetant des fontes trop siliceuses qu'on ne pouvait utiliser au Martin basique ordinaire.

Enfin, un autre avantage de ce procédé est que, grâce au volant de chaleur énorme constitué par les trois quarts de la charge qui restent constamment dans le four, le métal que l'on introduit dans le four se trouve immédiatement à la température voulue pour être rapidement décarburé.

Rapidité. — Cette dernière condition laisserait supposer que la capacité de production, dans le procédé Bertrand-Thiel, est beaucoup plus grande que dans l'opération ordinaire intermittente. En réalité, pour une raison que j'indiquerai tout à l'heure, il n'en est rien. Lorsqu'on traite de la fonte seule sans riblons, la production d'un four Bertrand-Thiel de 75 tonnes est d'environ 300 tonnes d'acier par semaine de cent trente-huit heures. Cette production, bien qu'obtenue en 25 lots environ de 20 tonnes chacun, ne représenterait, comme on le voit, que sept charges environ dans un four

intermittent de 75 tonnes. Or une marche à raison de sept coulées par semaine est à peine supérieure à celle que l'on réalise communément au Martin ordinaire dans les mêmes conditions, c'est-à-dire en traitant de la fonte en riblons.

Une des raisons de cette équivalence est tout à fait évidente. Avant que l'on procède à la coulée, il faut que la charge soit mise au point comme température et comme composition. Or cette mise au point exige un temps considérable. En outre, comme cette mise au point doit être répétée avant chaque coulée, et que l'on ne coule que le quart de la fournée, il s'ensuit que nous avons quatre mises au point pour la fournée entière, au lieu d'une seule dans le cas de la marche intermittente.

Durée du four. — On pourrait supposer que l'action d'une température extrêmement élevée, prolongée pendant toute une semaine sans les périodes de refroidissement qui caractérisent l'opération intermittente, doit diminuer la durée de la sole et de la voûte du four. Mais, d'une part, en ce qui concerne la sole, l'expérience a suffisamment prouvé que l'usure par l'action de la chaleur est contre-balancée par l'absence de toute attaque provenant d'une scorie silico-ferrugineuse, comme dans le four intermittent, au moment de la fusion. D'autre part, en ce qui concerne la voûte, l'expérience prolongée pourra seule montrer si l'effet continu d'une chaleur intense est ou non plus nuisible à la conservation de la maçonnerie que les effets de dislocation provoqués par les dilatations et les contractions alternatives qui résultent des variations de température dans le procédé intermittent.

Résultats. — Le four a 9^m,15 de long entre les autels et 2^m,75 de largeur intérieure; la sole a 7^m,50 de long, 2^m,45 de large et 0^m,70 d'épaisseur au centre. Les régénérateurs mesurent 6^m,65 de long sur 1^m,85 de haut; ils ont respectivement 3^m,05 et 2^m,13 de largeur. Les tableaux suivants donnent la production par semaine avec la consommation correspondante de matières premières.

		Tonnes.
Consommation.	Fonte.	475
	Riblons.	22
	Ferro-manganèse.	2
	Silico-spiegel.	1
	Total.	500
	Minerai de fer à 58 p. 100 de fer.	50
	Minerai de manganèse.	3
	Battitures à 66,80 p. 100 de fer.	48
	Déchets de laminage à 74,5 p. 100 de fer.	35
	Chaux.	51

Production : 527 tonnes de lingots et scraps, soit 105,4 tonnes par 100 tonnes de métal chargé.

Consommation de combustible : 25 p. 100.

Lorsqu'on compare ces résultats avec ceux de l'opération westphalienne, il faut se rappeler que l'opération fonte-minerai est nécessairement beaucoup moins rapide et consomme beaucoup plus de combustible que l'opération fonte-scrap.

En résumé, le procédé Bertrand-Thiel quadruple la production par suite de la réaction de la charge oxydée sur la charge mi-affinée, et par suite également de l'élimination de la scorie, etc. Le procédé continu Talbot permet, tout en utilisant des appareils de grande capacité, de couler à intervalles convenables des lots d'acier de poids modéré; en outre, il rend possible l'utilisation des fontes plus riches en silicium que

dans le procédé intermittent. Je ne vois aucune raison pour que l'on arrive pas à combiner ces deux procédés, les deux fours (supérieur et inférieur) du système Bertrand-Thiel fonctionnant par le procédé continu de M. Talbot. On réunirait ainsi les avantages des deux systèmes.

Fours basculants. — On a déjà mis en service des fours de 50 et même 75 tonnes du système Campbell et du système Wellmann, et les résultats obtenus ont été excellents. Ces fours, de forme cylindrique et renflés à la ceinture, tournent autour d'un axe horizontal. On supprime ainsi toutes les difficultés provenant du trou de coulée. En outre, la sole de ces fours dure plus longtemps, car on peut les vider beaucoup plus complètement, et la quantité de fer qui reste susceptible de s'oxyder après la coulée est insignifiante. De plus, le four Campbell permet une décarburation plus rapide, tout en permettant d'éviter les inconvénients qui résultent du bouillonnement, puisqu'il suffit de faire basculer convenablement le four pour empêcher la scorie de s'échapper par les portes de chargement. Enfin, ces fours présentent quelques autres avantages qui, bien que de moindre importance, n'en sont pas moins très réels. Je rappellerai que le procédé continu de M. Talbot exige l'emploi d'un four de ce genre.

Procédé Duplex. — Dans ce procédé, la fonte est d'abord débarrassée du silicium au convertisseur acide, puis, immédiatement après, on la déphosphore et la décarbure dans un four Martin basique. Ce procédé a été l'objet de perfectionnements notables, surtout de la part de MM. Daelen et Psczolka, qui ont imaginé un convertisseur spécialement applicable à cette opération et soufflé avec le même air chaud qui alimente le haut fourneau. Ce procédé paraît plein d'avenir, car, d'une part, il jouirait de tous les avantages inhérents au procédé Bessemer (rapidité et faible consommation de combustible), et, d'autre part, il ne présenterait pas les inconvénients de ce même procédé en ce qui concerne les pertes de fer et la qualité inférieure des produits qu'il fournit, comparés à ceux du Martin.

Il n'est pas encore temps de parler en connaissance de cause de cette méthode d'affinage. Nous pouvons cependant noter, d'une part, que la perte actuelle de métal est plus grande que dans l'opération ordinaire au convertisseur acide (13,8 p. 100) et, d'autre part, que les mérites de ce procédé sont cependant suffisants pour avoir déterminé plusieurs aciéries à l'adopter, comme l'annonce M. Daelen lui-même.

NOTES DE MÉCANIQUE

DÉCHARGEURS *Hulett*.

Nous avons fréquemment attiré l'attention de nos lecteurs sur les appareils employés aux États-Unis pour la manutention rapide des matériaux, notamment pour le transbordement des minerais. Parmi ces appareils, l'un des plus curieux est celui de M. Hulett, construit par la compagnie Webster Camp. et Lane d'Akron. Ohio, et dont les figures 1 à 12 nous permettront de suivre le fonctionnement.

L'appareil est tout entier porté par une charpente A, roulant sur le quai, et que la

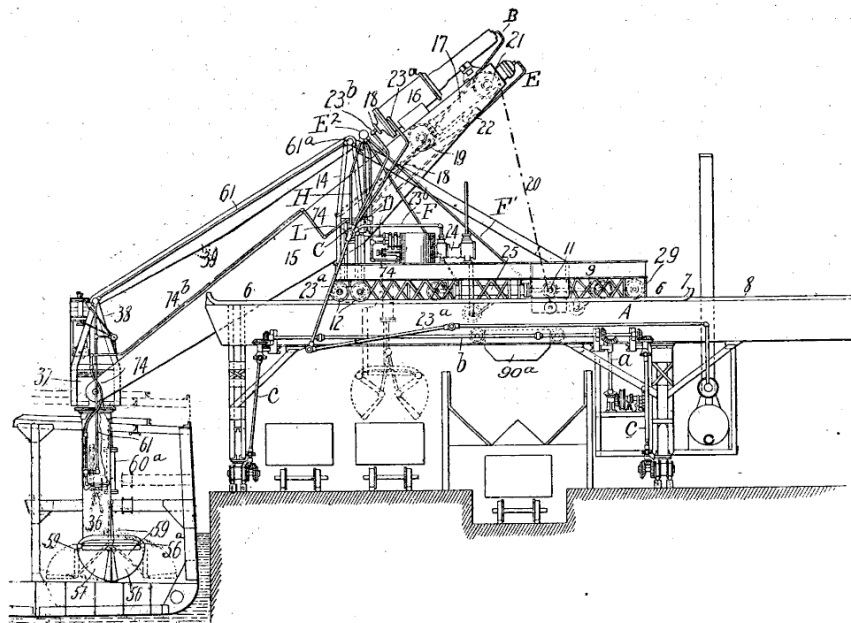


Fig. 1. — Déchargeur *Hulett*.

machine à vapeur *a* commande par la transmission C ; sur cette charpente, roule un chariot 9, porté à l'avant par deux paires de roues 12, sur les rails 6 et 8 (fig. 10) et à l'arrière par des roues 11, sur rails 8 ; et ce chariot porte à l'avant un châssis 14, sur lequel est pivotée la pièce caractéristique du système : le balancier 15, pivoté en L.

Le balancier 15 porte à l'une de ses extrémités un accumulateur à vapeur et eau Worthington B, qui fournit l'eau sous pression aux différents cylindres hydrauliques, notamment au cylindre E, 17, qui, par le moufflage du câble 20, 22, 19,

commande les oscillations du balancier 15. L'accumulateur E reçoit en 16 la vapeur de la chaudière 23, par le tuyau articulé 23^a, qui alimente aussi de vapeur, par 23^b L

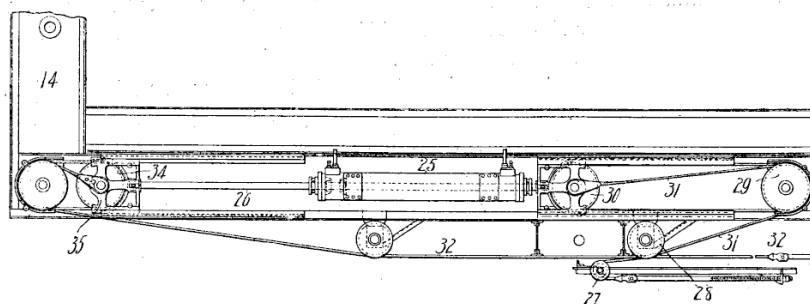


Fig. 2. — Déchargeur Hulett. Manœuvre du chariot.

23^b, la pompe 24, laquelle refoule l'eau sous pression dans l'accumulateur. La vapeur arrive en 16 à 23^b par un long tuyau axial, enveloppant 23^b, et percé de trous, traversant

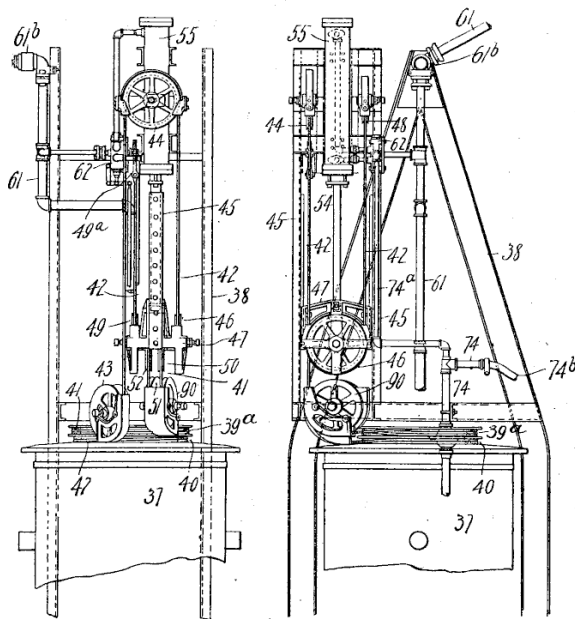


Fig. 3 et 4. — Déchargeur Hulett. Détail du chevalet.

le piston de l'accumulateur, qui, à mesure qu'il s'avance, découvre ces orifices et fournit ainsi à la pompe 24 d'autant plus de vapeur que l'accumulateur dépense plus d'eau. L'eau de l'accumulateur passe de B au tourillon C, relié par D à la pompe 24 et, d'autre part, aux différents tuyaux d'eau sous pression.

Le cylindre 17 est commandé (fig. 7), par la valve 88_a, reliée à C ar H et à 17 par E, et le cylindre 25 du chariot par 88, reliée à D par G, et par FF' à 25. Ce cylindre 25 commande la translation du chariot 9 sur A par (fig. 2) les câble 31, attaché sur A en 28, guidé en 28, mouflé en 29-30, et 32, mouflé de même en 34.

Le balancier 15 porte à l'avant un manchon 36 (fig. 6) pivoté sur le cylindre 37 (fig. 3) suspendu à 15 par deux tourillons, et terminé par un châssis 38, dont la partie supérieure est reliée au balancier 15 par une bielle 39 formant parallélogramme (38, 14, 15, 39), de manière que 38 et 36

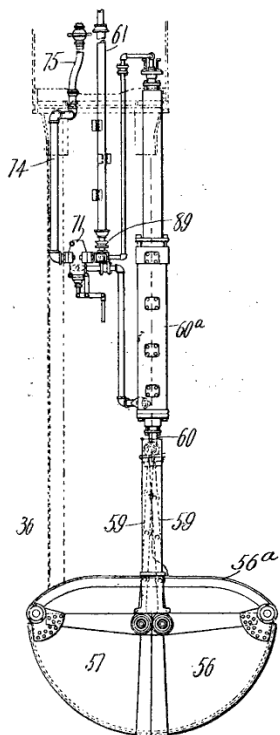


Fig. 5. — Déchargeur Hulett.
Détail de la rotation de la benne.

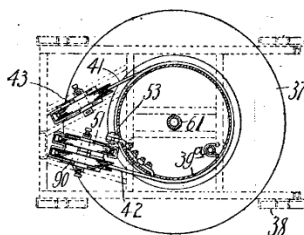


Fig. 6. — Déchargeur Hulett.
Détail de la benne.

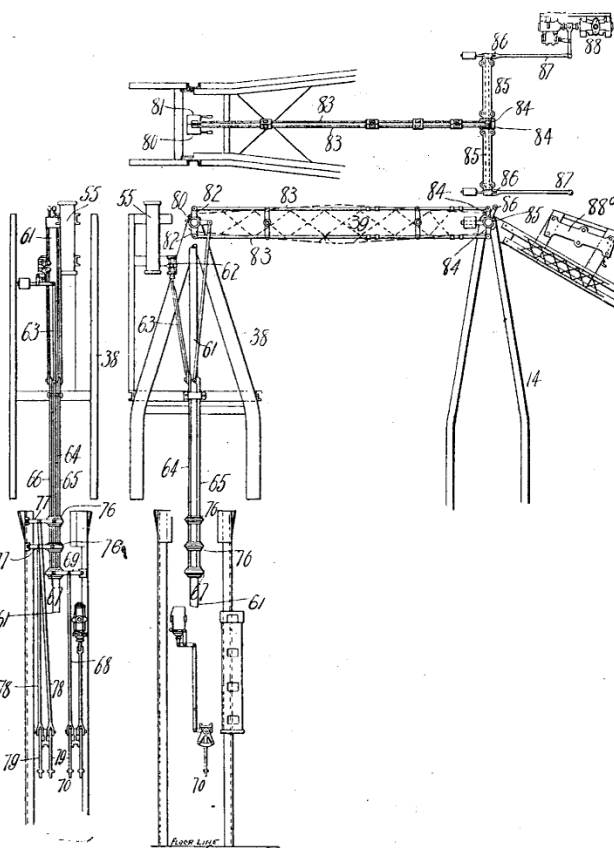


Fig. 7 à 9. — Déchargeur Hulett. Schéma des transmissions.

restent toujours parallèles à 14, c'est-à-dire verticaux, pendant les oscillations de 15. Le manchon 36 porte en son extrémité supérieure, à sa sortie de 37 (fig. 3), deux poulies 40 et 39_a, autour desquelles passent respectivement (fig. 5) les câbles 41 et 42,

enroulés en sens contraires et renvoyés, l'un 40 (fig. 4) par 43, 44, 46, 48, 49, à sa fixation 49_a, et l'autre, 41, par 90, 50, 52 à 53. Ces câbles sont ainsi commandés par le moufflage 47, guidé en 45, du cylindre 55, qui fait tourner à droite ou à gauche le manchon 16 suivant que son piston monte ou descend.

Le manchon 36 porte la benne 57, 58 (fig. 5) que le piston du cylindre hydraulique 60^a ouvre ou ferme par 59, 59 suivant qu'il descend ou s'élève. On voit que cette

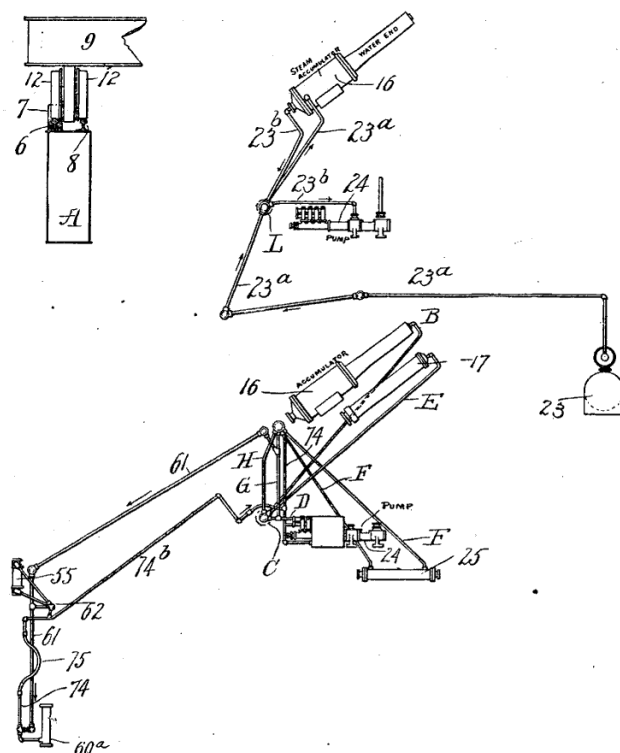


Fig. 10, 11 et 12. — Déchargeur Hulett. Schéma des tuyauteries et détail du roulement du chariot

benne peut, en montant, s'abaissant et tournant avec 15 et 36, atteindre facilement tous les points de la cale.

L'eau motrice arrive à la colonne 36 par le tuyau axial 61 (fig. 6 et 7) relié d'une part aux extrémités du cylindre 55 (fig. 3) par un distributeur 62, commandé, du levier 70 (fig. 8), par le renvoi 68, 69, 67, 64, 63, et, d'autre part, au cylindre 60^a, par le distributeur 71, à échappement 74, faisant retour au réservoir du chariot 9. L'échappement de 55 se fait par 74, 74 (fig. 3) et 74_b.

Les tiges 65 et 66 (fig. 7) sont reliées par 76, 77, 78 aux leviers 79 et par les renvois 80, 81, 82, 83, 86, 87 aux manœuvres 87 des distributeurs 88 et 88_a, et le tuyau 61 de 36 est relié à C par les joints articulés 61_b, 61_a.

à ressort 29, engagé dans la rainure 28, 28' du manchon d'embrayage correspondant; ces manchons sont sans cesse rappelés dans le sens de l'embrayage par les ressorts 26.

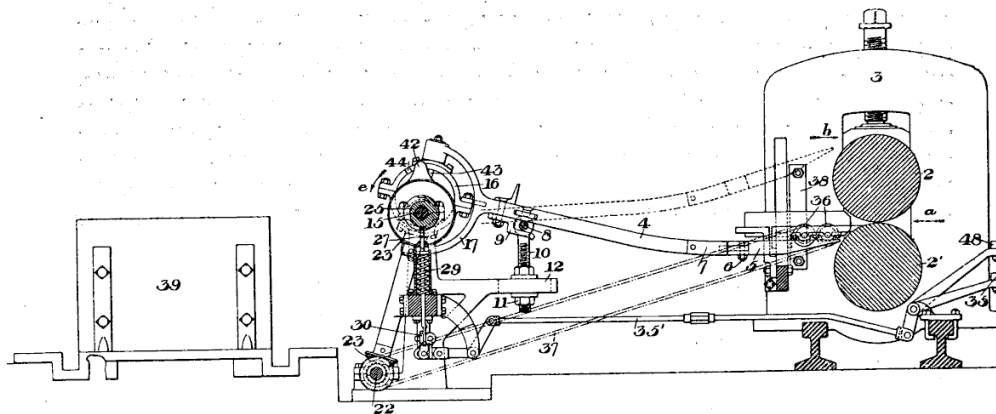


Fig. 2. — Laminoin Murphy. Coupe transversale.

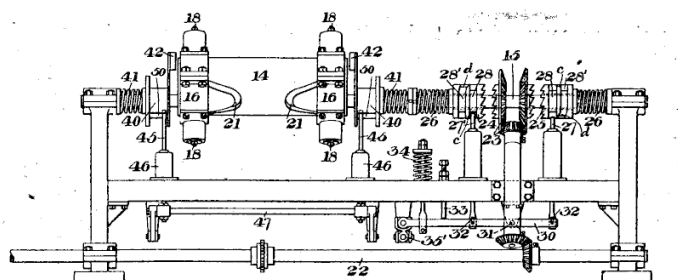
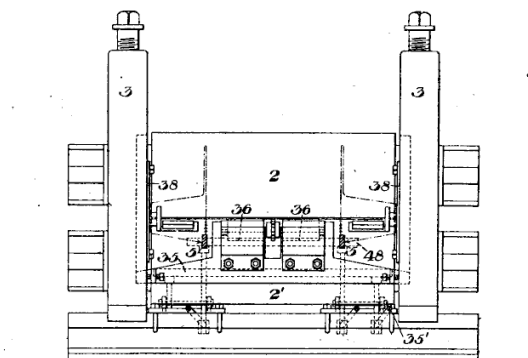


Fig. 3 et 4. — Laminoin Murphy. Détail des cylindres et vue par bout.

Dans la position (fig. 4), 27' est dans la gorge 28 de 24, qu'il maintient ainsi débrayé, malgré le ressort 26, jusqu'à ce que la rotation de 28 amène au droit de 27' l'en-

coche *c*, telle que, si l'on abaisse alors la pédale 35 et 27', le ressort 26 embraye 24, en amenant en prise avec 27' la gorge 28', qui laissera 25 embrayé jusqu'à ce que son plan incliné *d* ramène 24 à gauche, le débraye, et le maintienne débrayé par la reprise de 27' par 28. D'autre part, si on lâche la pédale, dès que l'encoche *c* de 25 sera venue en face de 27, maintenu dans sa position la plus basse par le rappel 34, 25 s'embrayera automatiquement et fera tourner l'arbre 15 en sens contraire de sa rotation précédente, et, comme précédemment, pendant environ $5/8$ de tour. On voit aussi que, si l'on abaisse puis lâche la pédale, le tambour excentré 24 tournera de $5/8$ de tour, s'arrêtera, puis retournera en sens contraire de $5/8$ de tour. Ce mouvement fait que, 14 tournant dans le sens de la flèche *e* (fig. 2), les bras 4 passent de la position en traits pleins (fig. 2) à celle en traits pointillés, en pivotant et glissant sur leurs fourches 9-8, ajustables par

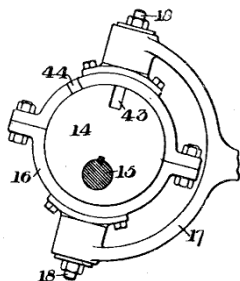


Fig. 5.

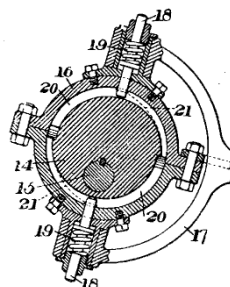


Fig. 6.

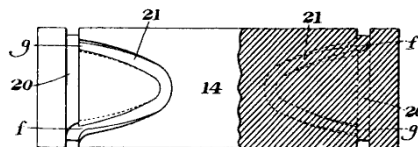


Fig. 7.

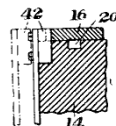


Fig. 8.

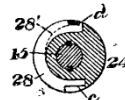


Fig. 9.

Fig. 5 à 9. — Laminier Murphy. Détail de l'excentrique 14.

10, 11, 12, puis, au renversement de 14, descendront et, engagés par l'aiguillage *f* (fig. 7) dans les cames 21, en recevront, autour de 21, un mouvement d'oscillation latérale indiqué en pointillés sur la figure 3, et sortiront de 21 par le dégagement *g*, moins profond que 20 pour que les bras 4 ne s'y réengagent pas au retour de 14 dans le sens de la flèche *e*.

La feuille sortant du laminier suivant *a* (fig. 2) est amenée, par les galets 36, actionnés par la chaîne 37, sur les bras 4; puis on abaisse la pédale 35, ce qui amène ces bras dans la position pointillée, d'où on en tire la feuille suivant *b* pendant qu'une seconde feuille s'engage en *a*; on lâche la pédale 34, ce qui fait redescendre les bras 4, qui, à la fin de cette descente, se défilent latéralement, avec (fig. 1) leurs languettes appuyées sur les gardes 35 de manière à s'écarter de la feuille puis à la reprendre en la repoussant un peu en avant, recevoir la première feuille sur la seconde ainsi étagée, et les ramener en *b*, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les deux feuilles soient assez minces pour être, après recuit, doublées, redoublées, puis relaminées.

Celaminage terminé, on abaisse la pédale 48 et, par 47, 45, les fiches 45, qui, lâchant les manchons 40, laissent les ressorts 41 repousser ces manchons de manière à enclencher leurs tocs 42 avec les encoches 43 de 14, puis ceux 44 de 16 (fig. 5) quand 43 arrive en face de 44, de sorte que les colliers 16 retirent d'abord les fourches 16 de leurs pivots 8 (fig. 2), puis, solidaires de 14, rabattent les bras 4 et leur feuille sur la caisse 39, en s'arrêtant à temps par l'enclenchement de 27' en 28, comme nous l'avons vu plus haut. On ramène les bras à leur position primitive en lâchant la pédale 35 de manière à renverser le mouvement de 15, et la pédale 48 de manière, qu'à la fin du retour de 14, la prise des fiches 45 dans les rainures 50 de 40 ramène ces manchons dans leurs positions primitives en redéclenchant 42 de 43.

MACHINE A DÉCOLETER *Haskins*.

Cette machine, employée dans les ateliers de construction de machines agricoles de Mac Cormick à Chicago, a été étudiée spécialement pour le finissage en bouts coniques des galets de roulement des moissonneuses ; elle est remarquable par la

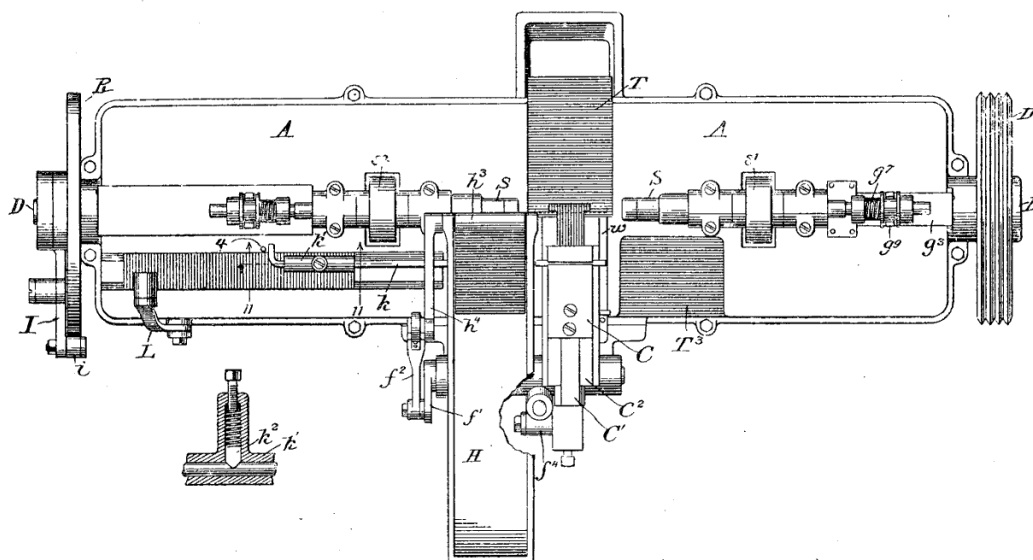


Fig. 1 et 11. — Décoleur *Haskins*. Plan détail de l'éjecteur.

rapidité et la sûreté de sa marche, et peut être citée comme un excellent exemple de spécialisation.

Les principaux mécanismes de cette machine sont constitués par deux poupées porte-outils SS (fig. 1) un chariot avanceur C et une trémie H, amenant les flancs x à ce chariot, avec éjecteur k .

Chacune des broches S reçoit un mouvement de rotation par sa poulie rainurée S et, de l'arbre D, par came G_2 et des renvois $g' g_2$, à ressort g_7 , un mouvement de va-et-vient longitudinal. Ce mouvement est rapide pendant l'aller et le retour, lent et

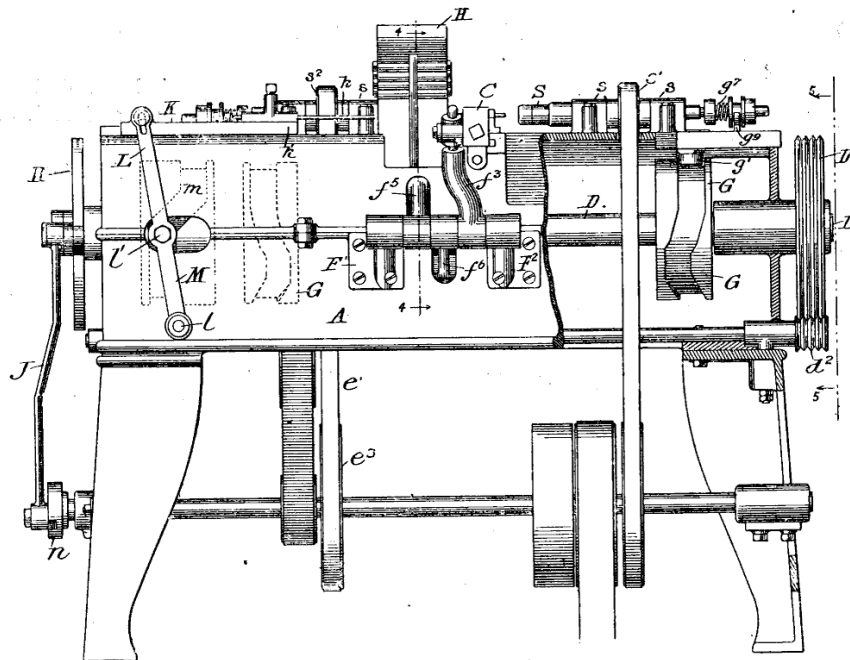


Fig. 3. — Décoleur Haskins. Élévation.

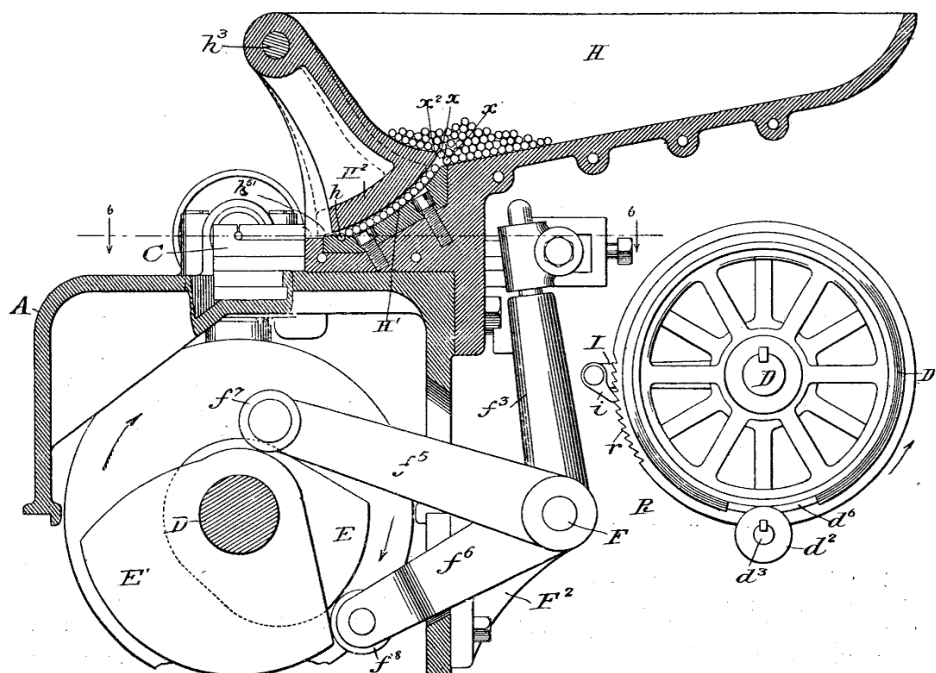


Fig. 4 et 5. — Décoleur Haskins. Détail de l'alimentation et du rochet R.

Après le travail, les mâchoires c_3 , c_4 s'ouvrent (ouverture assurée par la butée du toc 1 de C^2 (fig. 6) sur le taquet 2) et amènent h devant l'éjecteur k (fig. 6) qui, actionné, de D, par (fig. 3) la came m et le renvoi M / L , chasse le flanc terminé, immédiatement remplacé en h par le suivant. Pour éviter tout accident, la baguette k de l'éjecteur est

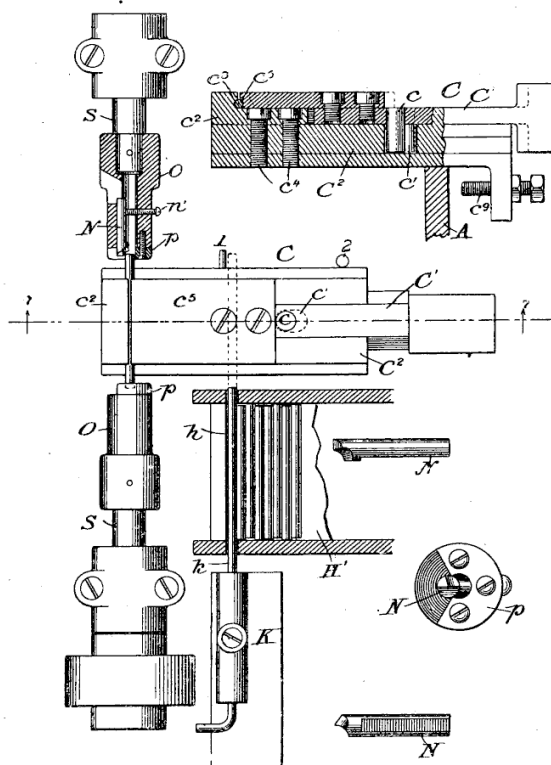


Fig. 6 à 10. — Décoleur Haskins. Plan de la figure 4, détail du chariot C et du porte-outil.

retenue (fig. 11) par un cliquet à ressort k_2 , qui cède en cas d'une résistance imprévue.

Les outils N (fig. 9 et 10) sont calés par des vis n' dans les porte-outils O (fig. 6) des broches S et les flancs sont solidement appuyés à leurs extrémités sur des gardes p de O .

SUR LE VOLANT ÉLASTIQUE. Note de **M. L. Lecornu** (1).

Le volant d'une machine agit avec d'autant plus d'énergie que son moment d'inertie est plus considérable; malheureusement, le prix d'acquisition et les frottements sur l'axe augmentent en proportion du poids, ce qui limite pratiquement la grandeur du moment d'inertie. On peut, dès lors, se demander s'il n'y aurait pas avantage à rendre certaines parties du

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 juillet 1900.

volant mobiles par rapport à la masse principale en les reliant à celle-ci par des ressorts dont la tension variable emmagasinerait, pendant les périodes d'accélération, une fraction du travail en excès, pour la restituer pendant les périodes de ralentissement. Cette idée a déjà été émise par l'ingénieur français Raffard, qui prit même, en 1890, un brevet pour l'invention d'un volant soi-disant isochrone, portant quatre masses satellites guidées à peu près radialement, conjuguées entre elles de manière à neutraliser l'action de la pesanteur, et rappelées par des ressorts. Mais l'inventeur n'a donné, à vrai dire, aucune théorie de son appareil, et surtout, il n'a pas recherché si les oscillations inséparables de la présence des ressorts ne présenteraient pas des inconvénients inadmissibles. J'ai repris la question par le calcul, et voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus.

Soit A le moment d'inertie de la masse principale. Je suppose, pour simplifier, qu'il y ait une seule masse satellite, de grandeur M , possédant un moment d'inertie a par rapport à son centre de gravité G . J'admets que celui-ci est guidé suivant une droite D , de position quelconque, et rappelé par un ressort en hélice dont une extrémité est fixée en un point de D . Faisons d'abord tourner le volant avec une vitesse constante ω , égale à sa vitesse moyenne de régime. G se place sur D , à une distance R du centre du volant, et la droite OG forme alors avec D un certain angle i . Si nous posons $B = A + a + MR^2$, la quantité B est le moment d'inertie total du volant pour la position considérée de G . Le ressort prend une tension égale à $M\omega^2 R \cos i$. Je désigne par $M\omega^2 \rho^2$ le rapport entre la tension du ressort et son allongement; par conséquent, si le volant était maintenu immobile, la masse M à la suite d'un choc affecterait des oscillations ayant pour période $\frac{2\pi}{\omega \rho}$.

Imaginons maintenant que le volant soit écarté de l'état de régime par un moment moteur égal à $C \sin r\omega t$, expression dans laquelle C et r sont deux constantes. Quand C est assez petite pour que la vitesse angulaire reste voisine de ω , la variation $\Delta\omega$ est donnée par la formule :

$$\omega \Delta\omega = \frac{C}{r} \frac{1 - \cos r\omega t}{B + MR^2 \frac{4 \cos^2 i + r^2 \sin^2 i}{\rho^2 - r^2 - 1}}.$$

Si, toutes choses égales d'ailleurs, le ressort était rendu rigide, de manière à immobiliser M dans sa position moyenne, ρ deviendrait infini, et le dernier terme du dénominateur disparaîtrait. L'influence du ressort atténue donc les oscillations pourvu que l'on ait $\rho^2 > r^2 + 1$. En particulier, quand $\rho^2 = r^2 + 1$, la variation de vitesse est supprimée : le travail moteur est entièrement absorbé par le déplacement relatif de la masse auxiliaire. Pour une valeur donnée de r , on se rapproche d'autant plus de l'isochronisme que l'expression $4 \cos^2 i + r^2 \sin^2 i$ ou $4 + (r^2 - 4) \sin^2 i$ a une plus grande valeur. On voit que, si r est > 2 , il y a avantage à adopter le guidage radial ($i = 0$) ; si, au contraire, $r < 2$, le guidage tangentiel ($i = 90^\circ$) est préférable.

Quelle que soit la loi du moment moteur, on peut, par la formule de Fourier, le décomposer en une série de termes de la forme $C \sin r\omega t$, en prenant convenablement, pour chaque terme, l'origine du temps. Généralement, il y aura dans la série un terme prédominant, et c'est surtout en vue de ce terme que devra être fait le réglage. Plus la série renferme de termes sensibles d'un ordre élevé, plus le ressort doit être rigide. J'ajoute qu'en supposant r infiniment petit, on peut, au moyen des mêmes formules, étudier le passage d'un état de régime à un autre sous l'action d'un moment moteur très lentement croissant. La condition $\rho^2 > r^2 + 1$ se réduit alors à $\rho > 1$.

Pour que la question soit complètement élucidée, il faut encore se rendre compte de l'effet d'une percussion exercée sur le volant pendant qu'il marche à l'état de régime : on doit, en effet, se préoccuper des oscillations de vitesse qui naîtraient, par exemple, à la suite d'une variation brusque de résistance due à la mise en marche d'un outil. L'étude rigoureuse de ce genre d'oscillations dépend d'une intégrale hyperelliptique. Quand le moment P de la per-

cussion est très petit, l'écart E entre le maximum et le minimum de vitesse est donné par la formule

$$E = \frac{4 \text{ PMR}^2 \cos i}{B (\rho^2 - 1) + 4 \text{ MR}^2 \cos^2 i} \sqrt{\frac{4 \cos^2 i + (\rho^2 - 1) \sin^2 i}{B (B - \text{MR}^2 \sin^2 i)}}$$

et la durée T d'une oscillation de vitesse est

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{B - \text{MR}^2 \sin^2 i}{B (\rho^2 - 1) + 4 \text{ MR}^2 \cos^2 i}}$$

On voit que, pour $i = 60^\circ$, l'écart E est nul (au premier degré d'approximation). C'est là un avantage important du guidage tangentiel sur le guidage radial. Pour le cas du guidage radial ($i = 0$), on a simplement

$$E = \frac{8 \text{ PMR}^2}{B (\rho^2 - 1) + 4 \text{ BMR}^2}$$

L'importance de l'écart E diminue donc avec le rapport $\frac{\text{MR}^2}{\rho^2 - 1}$, tandis que la variation $\Delta\omega$ dépend, comme on l'a vu, du rapport $\frac{\text{MR}^2}{\rho^2 - \rho^2 - 1}$, qu'il faut rendre aussi grand que possible.

C'est en tenant compte de cette double condition qu'on peut, dans chaque cas particulier, trouver les meilleures valeurs de ρ et de MR^2 .

RÔLE DES DISCONTINUITÉS DANS LA PROPAGATION DES PHÉNOMÈNES EXPLOSIFS.

Note de **M. Paul Vieille** (1).

Les réactions explosives se propagent suivant deux modes distincts. Le premier constitue la combustion simple, qui s'opère par conductibilité avec des vitesses ordinairement très faibles. Le deuxième mode est le régime de détonation ou de propagation par onde explosive, dans lequel la réaction progresse généralement avec des vitesses considérables, atteignant plusieurs milliers de mètres par seconde.

Les conditions relativement simples de la détonation des mélanges gazeux explosifs sont aujourd'hui connues. On sait que la réaction se propage par une onde à vitesse constante, qui est le siège d'une modification physique et chimique. Sa vitesse peut atteindre 5 à 6 fois la vitesse normale du son dans le milieu. C'est ainsi que, pour le mélange tonnant d'hydrogène et d'oxygène, la vitesse de propagation est de 2800 mètres, la vitesse du son dans le mélange étant de 340 mètres environ. Ce point fondamental résulte des déterminations que nous avons effectuées, M. Berthelot et moi, sur de nombreux mélanges gazeux explosifs.

Si les phénomènes de détonation sont bien connus, leur mécanisme intime reste pourtant obscur, et les divers systèmes actuellement en présence ne semblent pas susceptibles de rendre compte des grandes vitesses de propagation observées, si l'on n'y joint pas la notion d'une discontinuité entretenue à l'état de régime par la réaction chimique qui l'accompagne.

Un premier système d'interprétation consiste à scinder, pour ainsi dire, le phénomène de détonation en deux parties; la réaction est considérée comme produite par une élévation de température préalable, due au phénomène purement physique de compression adiabatique du milieu considéré comme inerte. Le phénomène chimique est, dans cette hypothèse, consécutif à la compression, et peut même comporter un certain retard par rapport au passage de l'onde mécanique; il n'intervient pas, en tout cas, pour modifier la constitution du milieu dans lequel se propage l'onde mécanique, et son rôle se borne à entretenir la valeur élevée de la condensation propagée par l'onde.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 13 août 1900, p. 413.

Dans cette hypothèse, la vitesse de propagation est donc la vitesse de propagation d'un ébranlement dans le milieu inerte. Or cette vitesse ne peut être que la vitesse normale du son, tant qu'une discontinuité n'a pas envahi le front de l'onde. A ce moment seulement, une élasticité nouvelle intervient, d'autant plus élevée que la discontinuité des pressions qui s'établit sur le front de l'onde est plus considérable. On trouve, par exemple, en admettant la loi adiabatique dynamique d'Hugoniot, qu'une discontinuité d'une quarantaine d'atmosphères serait suffisante pour assurer la vitesse de propagation de 2 800 mètres observée sur le mélange tonnant d'oxygène et hydrogène. La réaction décuplant sensiblement la pression initiale, il suffit que l'étincelle ou l'amorce initiale ait porté le mélange tonnant à une pression de 4 kilogrammes *avant la réaction*, pour que le phénomène s'amorce d'emblée. A défaut de ce mode d'excitation, les oscillations de la colonne gazeuse, signalées en particulier par MM. Mallard et Le Chatelier, pourront entraîner des condensations susceptibles de produire, après une période d'état variable, la naissance spontanée d'une discontinuité assurant les grandes vitesses de propagation.

La notion de discontinuité permet donc de rattacher à des lois de propagation, vérifiées en milieu inerte, le mécanisme dynamique de la détonation, tel qu'il a été proposé par M. Berthelot pour tous les milieux explosifs.

Un deuxième système d'interprétation du mécanisme de détonation a été proposé par M. Duhem.

Nous avons vu que, dans l'hypothèse de la continuité, l'élasticité du milieu considéré comme inerte ne permet pas d'expliquer des vitesses de propagation d'un ébranlement supérieures à celle du son; mais si l'on considère le milieu comme en état d'équilibre chimique, l'équation caractéristique de ce milieu ne dépend plus seulement de deux variables indépendantes, température et volume, mais encore de la fraction de combinaison du mélange qui assure l'équilibre chimique du système dans chacune des ces transformations. On conçoit donc que l'élasticité de ce milieu, en transformation simultanée physique et chimique, puisse être différente de l'élasticité du même milieu considéré comme inerte, que cette élasticité puisse se trouver surélevée si, par exemple, la réaction est exothermique sans variation de volume, et que cette élasticité soit, au contraire, réduite si la réaction est endothermique.

Dans un milieu en équilibre chimique, la vitesse de propagation, qui est proportionnelle à la racine carrée de cette élasticité, peut donc, même dans l'hypothèse de la continuité du milieu, être différente de la vitesse normale du son.

Mais il convient d'insister sur ce point : que cette théorie suppose, qu'à une variation infiniment petite des variables physiques v et t , qui caractérisent le milieu, corresponde une variation du taux de combinaison du mélange. Il est possible que ces conditions soient remplies dans certains milieux chimiques, mais elles sont certainement bien loin d'être réalisées pour les mélanges gazeux détonants les mieux connus auxquels s'appliquent les grandes vitesses signalées plus haut.

Ces mélanges peuvent, en effet, supporter des compressions considérables, des élévations de température de plusieurs centaines de degrés, sans que la variable chimique intervienne; il est donc nécessaire de concevoir une phase préparatoire, dans laquelle le milieu fonctionne comme inerte jusqu'au moment où il atteint, par une modification finie des variables physiques, la limite des faux équilibres. La réaction chimique ne peut aller plus vite que ce phénomène préparatoire; or, tant qu'il y aura continuité, cette modification des variables physiques ne peut faire naître une élasticité et une vitesse de propagation différentes de celles qui correspondent à la propagation du son.

On est donc encore, par cette théorie des phénomènes, amené à supposer la création d'une discontinuité. Cette discontinuité ne mettra pas en jeu, toutefois, l'élasticité adiabatique dynamique d'Hugoniot, relative aux milieux considérés comme inertes, mais l'élasticité complexe résultant de l'introduction, à partir d'une certaine valeur du volume et de la température, de la variable chimique caractérisant la fraction de combinaison.

BIBLIOGRAPHIE

PRÉCIS HISTORIQUE, DESCRIPTIF, ANALYTIQUE ET MICROPHOTOGRAPHIQUE DES VÉGÉTAUX PROPRES A LA FABRICATION DE LA CELLULOSE ET DU PAPIER, par **MM. Léon Rostaing**, Administrateur, ancien Directeur de la Société des Papeteries de Vidalon, membre correspondant de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon; **Marcel Rostaing**, ancien élève de l'École des Hautes-Études Industrielles de Lille; **Fleury Percie du Sert**, architecte paysagiste à Annonay, ancien élève diplômé de l'École d'Horticulture de Gand (1).

Depuis bien des siècles, le fabricant de papier recherche les plus beaux chiffons de chanvre, de lin et de coton. Ces sortes sont actuellement encore réservées d'une façon à peu près exclusive par un certain nombre de manufacturiers français pour la fabrication des papiers de luxe; mais elles sont, d'autre part, si régulièrement demandées par leur concurrents étrangers, qu'elles font l'objet d'un commerce d'exportation considérable, à des prix toujours très élevés.

Quant aux chiffons de basse qualité, on tend à les délaisser, et cet abandon doit être attribué, en grande partie, à ce que l'industrie textile introduit généralement aujourd'hui dans les tissus communs des éléments disparates, le plus souvent nuisibles à la qualité du papier, en ce sens qu'ils laissent dans la pâte des traces d'impuretés très apparentes, qu'on ne parvient à éliminer qu'en partie en multipliant les opérations de lessivage, lavage et blanchiment, d'où résulte une diminution de rendement telle que l'emploi de ces chiffons n'offre plus d'avantages sérieux.

Après avoir rappelé que, dès le milieu du xviii^e siècle, on a cherché à remplacer le chiffon dans la composition des papiers, exposé les principales expériences faites depuis cette époque, et indiqué par suite de quelles circonstances l'emploi de la pâte de bois a prévalu, nous nous sommes attachés à démontrer, à l'aide des statistiques officielles, que cette matière première est actuellement expédiée de l'étranger en si grande quantité, qu'il est urgent

(1) Extrait d'un ouvrage publié chez Everling, 45, rue de la Victoire, Paris, présenté par M. Lemoine, membre de l'Institut, en la séance du 22 juin 1900.

d'opposer une barrière à un envahissement si préjudiciable à l'industrie française.

A peine, notre travail était-il livré à l'imprimeur que l'événement est venu justifier nos alarmes. En effet, le 13 février 1900, le Comité central de l'Union des fabricants de papier de France, réuni à Paris, a constaté officiellement une récente augmentation de 25 à 30 p. 100 sur les pâtes de bois étrangères, et l'un de ses membres, M. Henry Boucher, ancien ministre du Commerce, a fait remarquer à ses confrères que cette hausse ne saurait être attribuée à des causes accidentelles, passagères, mais à des raisons d'ordre général qui font prévoir qu'elle sera persistante.

Cette perspective est particulièrement fâcheuse à notre époque, où tout le monde a coutume d'employer le papier à profusion, et où l'industrie s'ingénie à faire subir à la cellulose une foule de transformations utiles. Mais elle donne un caractère d'actualité incontestable aux études et expériences pratiques relatives à la fabrication de la pâte de cellulose et du papier, que nous poursuivons depuis plusieurs années, et dont nous allons résumer succinctement les principaux résultats.

Tout d'abord, après avoir constaté les progrès considérables accomplis, surtout pendant la seconde période du XIX^e siècle, nous nous sommes attachés à expliquer par quels efforts successifs l'industrie du papier, sans cesse entravée dans son essor par suite de la cherté et de la rareté des chiffons, en est venue à s'adresser directement à la plante.

De cet exposé historique il ressort que la papeterie, au lieu de s'en tenir strictement aux plantes qui produisent le chiffon, a élargi son cercle et a mis à contribution tout le règne végétal pour rechercher les individus qui pourraient lui donner un produit facilement exploitable, en quantités suffisantes et de qualité plus ou moins similaire. Il s'agissait donc pour nous de bien établir ce qu'est un végétal au point de vue papetier, ce qu'il renferme et sous quelle forme il se révèle.

Si nous prenons une tige quelconque, et opérons au travers une section, nous observons que si elle appartient à la classe des Dicotylédonées, elle présente une série de couches concentriques superposées les unes sur les autres et que nous pouvons diviser en deux groupes : le groupe des couches corticales et le groupe des couches ligneuses. Entre ces deux groupes, un troisième, peu développé, est composé d'une série de lames minces, comme les feuilles d'un livre, d'où son nom de *liber*.

Si l'organe, au contraire, appartient à la classe des Monocotylédonées, nous ne trouvons qu'une couche concentrique, une matière plus ou moins dense,

composée d'un tissu assez lâche, et au milieu duquel nous apercevons de nombreux filaments dirigés dans le sens de la longueur de la tige.

En poussant plus loin notre examen, nous reconnaissons que, quelle que soit la classe à laquelle la plante étudiée appartient, quelle que soit la direction de la coupe que nous aurons faite, toutes les parties d'une plante sont constituées par un tissu composé de cellules de formes et de diamètres variables. L'association des formes de même espèce constitue les divers tissus que nous avons divisés en trois classes, et que nous étudions d'une façon complète toujours en vue des questions pratiques qui nous préoccupent.

I. Le tissu cellulaire proprement dit ou parenchymateux.

II. Le tissu fibreux ou prosenchymateux.

III. Le tissu vasculaire.

Le premier, par la forme de ses cellules, n'intéresse l'industrie papetière que d'une façon indirecte. Elle ne peut, en effet, feutrer et lier ensemble ces organes dont la forme générale est plus ou moins sphérique, et les diverses opérations de lavage que la pâte à papier subit ont pour but l'élimination des cellules de ce tissu.

Les deux autres tissus, au contraire, sont constitués par des cellules allongées, fusiformes et pointues pour le tissu fibreux, et par des tubes minces pour le tissu vasculaire. Ce sont ces deux formes que le papetier recherche, et qui lui donnent une cellulose souple, solide et feutable.

Toutes les cellules, quelle que soit leur forme, sont constituées, à l'état sec, par environ 90 p. 100 de cellulose pure, qui constitue la paroi de la cellule et contient, surtout dans son jeune âge, de l'eau, une matière albuminoïde appelée protoplasme, des grains de fécule, des cristaux minéraux, etc.

Tant que la cellule est jeune, la cellulose de sa paroi est pure; mais à mesure que le végétal avance en âge, cette cellulose s'injecte d'une matière de nature chimique complexe appelée lignine, dont l'oxydation lente amène une dissociation moléculaire de la fibre. De là provient le peu de conservation du papier de bois et, au contraire, la durée illimitée des papiers de chiffons ou de plantes annuelles, dont les cellules n'ont pas encore été injectées.

Les plantes annuelles et jeunes ont un autre avantage. C'est à elles surtout que l'industrie peut s'adresser pratiquement pour obtenir une production constante de matières premières que pourrait lui fournir l'agriculture proprement dite; tandis qu'il est démontré aujourd'hui que la sylviculture, si largement mise à contribution jusqu'à ce jour, travaille à trop longue échéance pour pouvoir toujours compter sur elle.

De nombreuses tentatives ont été entreprises dans cet ordre d'idées, mais les manufacturiers, harcelés par les exigences de la production et par leurs travaux

professionnels, se bornaient à des essais incomplets et se laissaient promptement décourager.

Leurs insuccès ont tenu, en général, à ce qu'ils ont trop négligé d'approfondir la question au point de vue scientifique.

C'est en recourant à l'emploi du microscope qu'on apprend à connaître, d'une manière pratique, les éléments qui forment les tissus des végétaux, et que leur valeur peut être appréciée au point de vue spécial qui nous intéresse. Le grossissement (180 diamètres), à l'aide duquel nous avons obtenu les reproductions exactement comparables qui font de ce travail un guide simple et pratique, montre d'une manière très nette les formes multiples sous lesquelles se présentent ces fibres; unités fusiformes infiniment petites dont l'enchevêtrement judicieusement combiné fournit une matière à la fois si mince et si résistante. Le fabricant peut alors, par ce moyen, suivre successivement toutes les opérations si délicates du lessivage, du défilage et du raffinage. Il se rendra exactement compte de la nature des produits qui lui sont présentés et sur la valeur desquels il doit toujours se prononcer promptement, qu'il soit vendeur ou acheteur; bien plus, il conservera par la photographie un titre indiscutable au regard des tiers en cas de contestation.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire les procédés de micrographie ou de microphotographie généralement adoptés pour ces travaux; de nombreux ouvrages traitent cette question avec beaucoup de compétence (1). Mais en nous servant de ces données, nous avons cherché à mettre sous les yeux de l'observateur une série de reproductions faisant ressortir avec le plus de précision et de netteté possible les divers caractères analytiques des matières premières et des compositions de pâtes les plus en usage.

Ces caractères analytiques, que la photographie reproduit tels que les fait voir le microscope, et que nous décrivons d'après nos observations, sont constitués par un ensemble de signes particuliers qui, avec l'habitude et l'emploi de certains réactifs: l'acide sulfurique iodé et le chlorure de zinc iodé, permettent de déterminer avec précision la nature et le nombre de chacun d'eux.

Pour familiariser l'observateur avec ce genre d'études, nous avons, pour chaque sujet traité, reproduit par la photographie, et donné la description des éléments extraits d'abord de la plante elle-même, puis ensuite observés dans la pâte manufacturée et, enfin, dans le papier. Comparant ces trois reproductions, il est facile de se rendre compte que les caractéristiques, qui, par suite du traitement mécanique, ont une tendance marquée à suivre une progression décroissante de la première à la troisième, sont encore très apparentes et permettent de faire l'analyse en toute sécurité.

(1) On peut citer notamment l'ouvrage de M. Wilhelm Herzberg, ayant pour titre: *Analyse et Essais des papiers*, traduit de l'allemand par M. Marteau. — Gauthier-Villars, éditeur.

La simple désagrégation des tissus par la dissolution de la matière agglutinante nous donne la fibre proprement dite, ainsi que les divers vaisseaux et trachées, sans aucune déformation, et nous montre leurs caractères avec le maximum de précision.

Mais le fabricant étudie rarement la matière première sous cette forme. Dans la pratique, il a bien plus souvent à analyser des végétaux traités à l'aide de procédés chimiques ou mécaniques, c'est-à-dire lessivés sous pression au bisulfite ou à la soude, blanchis au chlorure de chaux et défilés ou réduits en pâtes avec les cylindres hollandais ou simplement désagregés à la meule. S'il recherche la composition d'un papier, il aura devant lui cette même pâte raffinée pendant un temps plus ou moins long et d'une manière plus ou moins brutale à l'aide des cylindres hollandais ou du *pulp-engine*, munis de lames d'acier ou de bronze.

Notre travail, composé de 49 planches (13×18) reproduites en photocollographie, contient la description et l'analyse de vingt-cinq végétaux. Il est divisé en deux parties : 1° les papiers de chiffons purs ; 2° les papiers de succédanés, qui se subdivisent en succédanés issus de plantes annuelles et d'écorces, et succédanés issus de plantes âgées traités chimiquement et mécaniquement.

Résumons chacune de ces parties en groupant dans une même épreuve les types qui en sont la reproduction la plus complète et que nous caractériserons seulement à l'aide de leurs caractères micrographiques les plus distinctifs, dont on trouvera le développement complet dans l'ouvrage, ainsi que la description de la plante, son mode de culture, sa coloration par les réactifs et son rendement en fibres cellulosiques.

PAPIERS DE CHIFFONS PURS

Les papiers dits de chiffons purs sont composés (fig. 7) exclusivement par les poils du coton ou les fibres du chanvre ou du lin.

La figure 1 nous montre les poils du coton, qui se présentent sous forme d'un ruban lisse et régulier, à section à peu près circulaire, portant une rayure longitudinale caractéristique. L'extrémité supérieure de ces poils est conique, tandis que l'extrémité inférieure présente une large déchirure résultant de la désarticulation du poil à son point d'insertion sur la graine. Par suite de la dessiccation, le poil de coton s'aplatit et se contourne sur lui-même ; il se présente alors sous la forme d'un large ruban pourvu de deux rebords en ourlet. Le canal intérieur souvent aplati, très développé, est absolument régulier. Enfin, la coloration brune rouge que donne le chlorure de zinc iodé est très caractéristique.

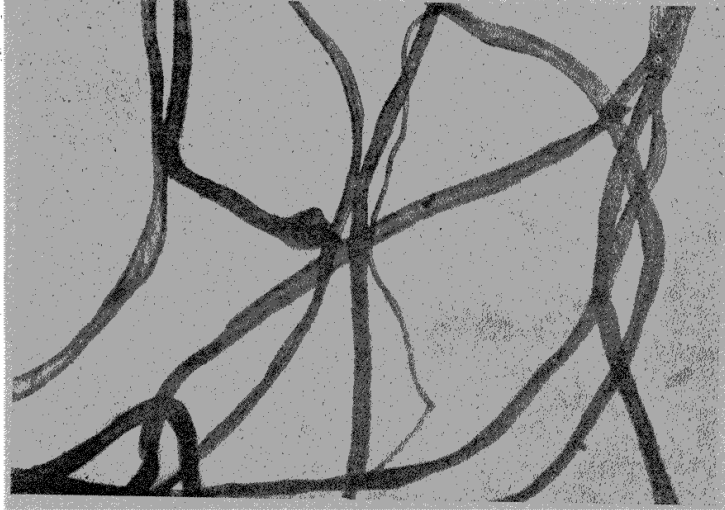


Fig. 1. — Coton.



Fig. 2. — Chanvre.

Avec le chanvre (fig. 2), on a des rubans à parois épaisses, striés longitudinalement et transversalement et cannelés à leur surface par des nœuds ou renflements : avec le chlorure de zinc iodé, la coloration est bleue-violette-rouge.

PAPIERS DE SUCCÉDANÉS (fig. 6).

I. — Succédanés de plantes annuelles ou d'écorces.

Ce groupe comprend : la dramie, l'ortie, le genêt d'Espagne, le mûrier à papier, l'edgworthia, les bambous, les arundos, l'eulalia, la paille, le sorgho, l'alfa, l'aloès, le phormium, le varech. On sait quel est le développement de

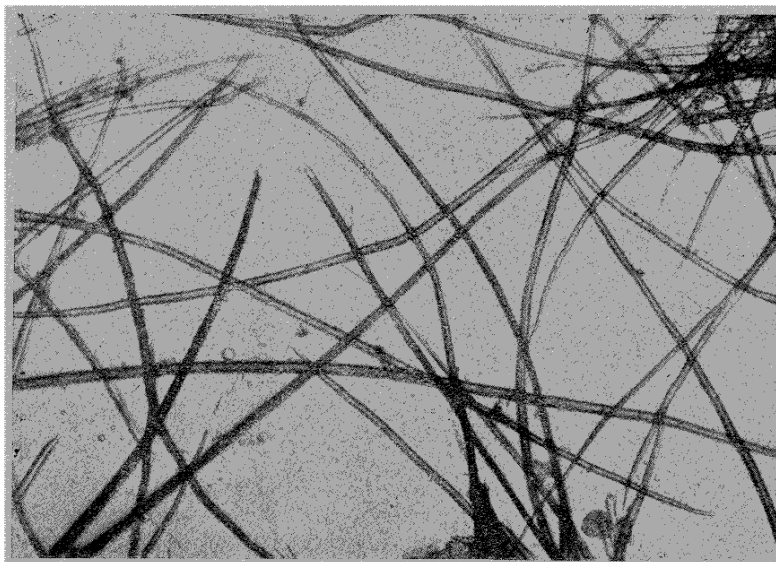


Fig. 3. — Alfa.

l'alfa en Algérie et en Tunisie. On sait aussi quelle est l'étendue des plants d'arundo dans le midi de la France.

La figure 3 nous donne la reproduction des fibres de l'alfa, qui se présentent sous forme de fuseaux allongés et réguliers. Les extrémités sont effilées, et l'on ne distingue sur la paroi cellulaire aucune couche d'épaississement. On rencontre de nombreux poils d'un diamètre supérieur à celui des fibres, terminés à une extrémité par une pointe effilée et à l'autre par une déchirure caractéristique. On y remarque également des cellules épidermiques à bords ondulés et quelques

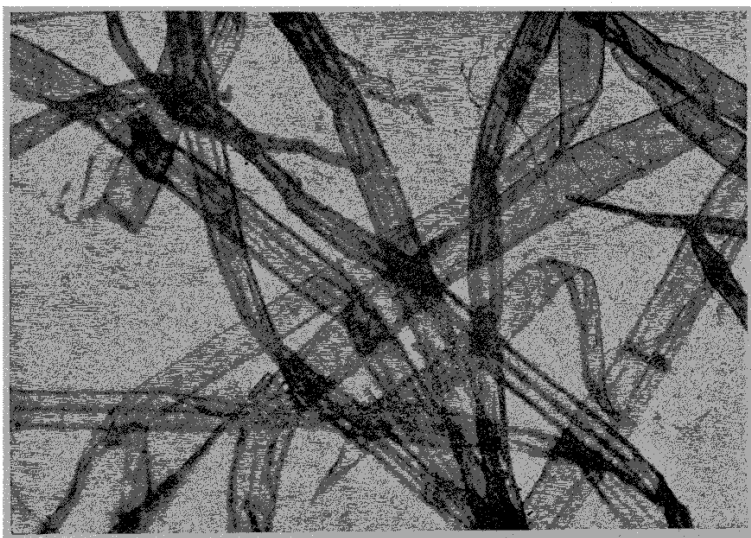


Fig. 4. — Bois chimique.



Fig. 5. — Bois mécanique.

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Août 1900.

16



Fig. 6. — Papiers de succédanés, alfa et bois chimique.



Fig. 7. — Papier de chiffons : coton et chanvre.

fragments de trachées. Le canal central est, d'ordinaire, très apparent. La coloration bleue que donne le chlorure de zinc iodé est à peu près uniforme pour toutes les plantes de ce groupe.

II. — Succédanés de plantes âgées.

Nous trouvons dans cette série toutes les variétés de bois résineux et non résineux.

Les figures 4 et 5 nous montrent ces fibres à extrémités obtuses, ayant la forme d'un large ruban plat et régulier, à paroi lisse chez les bois non résineux, et marqué de distance en distance par des lentilles plus transparentes chez les résineux; la fibre est dite mamelonnée. Ces fibres se colorent en bleu intense par le chlorure de zinc iodé.

III. — Le même procédé s'applique à l'examen des pâtes mixtes, question très importante dans la pratique; notre ouvrage en contient de nombreux exemples : nous en donnons ici un seul spécimen (fig. 6).

ANCIENS PAPIERS

Pour compléter cette étude, il nous a paru intéressant de grouper à la fin du volume quelques reproductions montrant des fibres traitées par les procédés employés autrefois, c'est-à-dire préparées dans les pourrissoirs et triturées au maillet; il sera facile d'établir une comparaison avec les planches des compositions de pâtes et de papiers les plus répandues aujourd'hui dans le commerce.

Deux échantillons de papiers étudiés par transparence permettent de se rendre compte de l'enchevêtrement des fibres d'après les divers procédés de fabrication employés : anciens papiers préparés à la forme ou papiers préparés à la mécanique avec les machines modernes; le mode d'enchevêtrement les distingue à première vue sur les photographies de notre ouvrage.

Nous donnons encore les observations faites sur d'anciens papiers authentiques remontant à 1472, 1556 et 1600 : ils étaient faits avec un soin qu'on ne retrouve plus aujourd'hui, et leur structure s'est parfaitement conservée; l'examen microscopique montre bien qu'ils ne contenaient que du chanvre.

ROTHAMSTED, UN DEMI-SIÈCLE D'EXPÉRIENCES AGRONOMIQUES (1).

Sir John Bennet Lawes, né en 1814, et sir John Henry Gilbert, né en 1817, ont inauguré, à l'automne dernier, leur cinquante-huitième année d'expériences culturales consécutives sur la production agricole dans le domaine d'Harpenden. Rothamsted est trop connu de tous ceux qu'intéressent la science agronomique et ses applications, pour qu'il y ait à décrire, même sommairement, la célèbre exploitation où les premiers essais culturaux ont été entrepris, en 1834 par sir J. Lawes, et institués sur un plan définitif en 1843. Il n'est pas davantage utile de rappeler les transformations successives qui ont fait des champs d'expériences et des laboratoires de Rothamsted une institution unique, visitée par les agronomes des deux mondes.

On peut aisément se figurer combien a été féconde la collaboration, remontant à plus d'un demi-siècle, de deux savants éminents, disposant de toutes les ressources en aides et en matériel, que la libéralité de sir J.-B. Lawes a assurées à sa fondation : mais, en raison même du nombre immense de documents contenus dans les cent huit mémoires originaux qui, de 1847 à 1900, ont enregistré d'année en année, dans tous leurs détails, les expériences culturales de Rothamsted et leurs résultats scientifiques et pratiques, peu de personnes hors de la Grande-Bretagne ont pu prendre une connaissance suffisante de l'œuvre si considérable de MM. Lawes et Gilbert. Il y a vingt-cinq ans, M. A. Ronna a publié, dans le *Journal d'agriculture pratique*, une longue série d'articles où se trouvaient résumées les trente premières années d'expériences de Rothamsted. Ces articles, réunis en volume, ont vulgarisé pour la première fois de ce côté-ci de la Manche l'œuvre des bénédictins d'Harpenden. Aujourd'hui, l'agronomie et l'agriculture lui sont redevables d'une publication du plus haut intérêt, car elle embrasse la description, l'analyse et la discussion des recherches poursuivies à Rothamsted depuis cinquante-sept années consécutives.

L'apparition de ce livre, coïncidant avec l'Exposition universelle de 1900, où figurent, sous forme de tableaux graphiques et de reproductions photographiques (2), quelques spécimens très intéressants des travaux de Rothamsted, est une bonne fortune pour les agronomes. Méthodiquement conçu, parfaitement ordonné, mettant sous les yeux du lecteur tous les tableaux numériques qui résument chacune des séries d'expériences, cet exposé, d'un style toujours clair, présente, dans leur ensemble comme dans les détails indispensables à la discussion, les résultats des innombrables essais culturaux sur les céréales (blé, orge, avoine), les racines et les pommes de terre, les légumineuses et les prairies, les assolements, les relations de la plante avec le sol, etc.

Il va de soi qu'une œuvre aussi considérable se prête mal à une analyse. Chacune des pages du livre de M. Ronna serait à citer, car chacune comporte un enseignement spécial sur le sujet qui y est traité. Il faut se borner ici à en signaler la publication, certain de rendre un véritable service aux agriculteurs français en la leur faisant connaître.

Une des raisons principales qui s'opposent à la vulgarisation, hors de la Grande-

(1) Un vol. in-8, de 600 pages, avec figures, par M. A. Ronna, ingénieur, membre du Conseil supérieur de l'agriculture. Librairie agricole de la Maison Rustique.

(2) Classe 38. Section britannique à la Galerie des machines.

Bretagne, des œuvres scientifiques les plus remarquables, est la résistance de nos voisins d'outre-Manche à adopter, comme l'ont fait presque toutes les nations civilisées, le système métrique pour l'indication des données expérimentales. En continuant, cent ans après l'adoption du mètre, à exprimer en acre, pied, pouce, boisseau, livre, gallon les mesures agraires, les observations barométriques et thermométriques, les poids et les volumes des liquides ou des grains, etc., les auteurs anglais causent à la vulgarisation de leurs travaux les plus distingués un préjudice dont ils ne se rendent sans doute pas compte. Les Français que leurs études ou leurs travaux personnels conduisent à lire les mémoires publiés en Angleterre sont condamnés, pour retirer de cette lecture le profit qu'ils lui demandent, à d'interminables calculs indispensables en vue de la comparaison des travaux similaires effectués en France, en Allemagne, en Italie, etc.

M. Ronna, au prix d'un labeur que peuvent seuls apprécier ceux qui veulent acquérir une connaissance exacte des travaux anglais, a transformé en mesures françaises toutes les données numériques reproduites dans son beau livre. Ce travail considérable de transformation des mesures anglaises en mesures françaises était une condition *sine qua non* du succès d'une publication destinée à vulgariser l'œuvre magistrale de MM. Lawes et Gilbert.

Aussi peut-on, sans crainte que l'événement donne un démenti, prédire au livre de M. A. Ronna un rapide et complet succès ; les agronomes, les économistes et les agriculteurs praticiens trouveront dans ce bilan d'une ordonnance parfaite, d'un demi-siècle d'expériences culturelles, un ensemble d'enseignement que ne présente aucune autre publication.

Le succès de ce beau livre n'étant pas douteux, il reste à souhaiter que leur verte vieillesse permette à MM. Lawes et Gilbert de fournir un nouveau chapitre à la deuxième édition.

L. GRANDEAU.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juillet au 15 Août 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo-
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>Pc.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rcp.</i> Revue générale de chimie pure
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	et appliquée.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer
élèves des écoles des arts et	et tramways.
métiers.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
Industry (London).	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
Sciences.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La-	<i>Rt.</i> Revue technique.
bor, des États-Unis.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de
<i>Dp.</i> Dinger's Polytechnisches Journal.	la métallurgie.
<i>E.</i> Engineering.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>E'</i> The Engineer.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	(Bulletin).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri-
<i>Ef.</i> Économiste français.	ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in	de Mulhouse.
Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute	France (Buletin).
(Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de légis-
<i>Gc.</i> Génie civil.	lation.
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> Industrie minérale de St-Étienne.	<i>USR.</i> Consular Reports to the United
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> La Nature.	Ingenieure und Architekten-Ve-
<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.	reins.

AGRICULTURE

- Agriculture à l'Exposition.** France. *Ap.* 9 Août, 199. États-Unis (Hétier). *Ap.* 26 Juillet, 121. Canada. *Id.* 19 Juillet, 83. Divers. *Id.* 153; 9 Août, 204.
- Betteraves.** Expériences de Capelle. *Ag.* 4, 11 Août, 185, 238; *Ap.* 2 Août, 160.
- Blé** (Tallage du). (Romentin) *Ap.* 26 Juillet, 112.
- (Rouille du) (Smith). *N.* 9 Août, 352.
- Céréales** (Charbon des) (Testard). *Ap.* 26 Juillet, 113.
- russes à l'Exposition. *Ap.* 2 Août, 149.
- École d'agriculture de Rennes.** *Ap.* 9 Août, 190.
- Engrais.** Solubilité du phosphate tricalcique dans les eaux du sol en présence de l'acide phosphorique. (Schlesing). *CR.* 16 Juillet, 149, et des dissolutions saturées de carbonate de chaux. *Ap.* 9 Août 188.
- Nocuité du nitrate de soude. *Ag.* 28 Juillet, 138.
- Fumagine.** Destruction. *Ag.* 21 Juillet, 106.
- Génie rural à l'Exposition** (Ringelmann). *Ap.* 26 Juillet, 118.
- Lait.** Pasteurisation. *Gc.* 28 Juillet, 241.
- Machines agricoles** à l'Exposition. *E.* 3 Août, 140.
- Sylviculture** à l'Exposition. *Ap.* 9 Août, 193.

CHEMINS DE FER

- Attelage automatique** sur les chemins américains. *Rgc.* Juillet, 188.
- Chemins de fer métropolitain de Paris.** *Ac.* Juillet, 105; *Gc.* 21 Juillet, 197.
- algériens (Développement des). *Rgc.* Juillet, 176.
- économiques en France. *E'*. 20 Juillet, 53.
- transbaïkal. *E.* 10 Août, 186.
- électriques à l'Exposition. *Rgc.* Juillet, 1.
- Eclairage des trains.** Lampe Washington. *Rgc.* Juillet, 190.
- Locomotives** des chemins de fer français en 1900 (Sauvage). *RM.* Juillet, 80.
- Compound Rieckie. *E'*. 20 Juillet, 55.
- Schwartzkopf. *F.* 27 Juillet, 116.
- du Sud italien. *E'*. 27 Juillet, 84.
- Express de Paris-Orléans. *E.* 3 Août, 163.

Locomotives. Consolidation Pittsburg-Bessemer. *RM.* *E.* 3 Août, 151.

- Delaware Lackanawa. *RM.* Juillet, 105.
- de gare du Central London. *E'*. 3 Août, 108.

Rails d'acier (Durée des). *E'*. 27 Juillet, 76.

Résistance des trains à la traction. Expériences de Lundie. *EE.* 21 Juillet, 97.

Signaux. Block system sur les chemins américains. *Rgc.* Juillet, 139.

Voitures (Chauffage des). *E'*. 3 Août, 103.

- Wagon à Bogies des chemins de fer du Nord. *Rgc.* Juillet, 93.
- hôpital de Goerlitz. *E.* 10 Août, 179.
- salon de la Société de l'Horme, pour voie de 1 mètre. *E.* 3 Août, 147.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles en Allemagne. *La.* 19 Juillet, 454.

- pour poids lourds. *E'*. 27 Juillet, 96.
- à l'Exposition. *La.* 19 Juillet, 459; *E'*. 10 Août, 130.
- à pétrole (Moteurs). *VDI.* 21 Juillet, 951; 4, 11 Août, 1008, 1046. Capel. *E'*. 3 Août, 113. Burns. *La.* 9 Août, 510.
- à vapeur Adams. *E'*. 3 Août, 121; 10 Août, 147.
- électriques Mildé. *Elé.* 23 Juillet, 307.

Tramways. Nouveaux rails. *Rgc.* Juillet, 191.

- électriques. Électrolyse par courants de retour. *Ie.* 25 Juillet, 301; 28 Juillet, 141; *Sie.* Juin, 238.
- polyphasés (Wilson). *E.* 27 Juillet, 133.

— à contacts Dolter. *EE.* 11 Août, 216.

— Compensateur Solignac pour moteurs de traction. *EE.* 28 Juillet, 154.

— Tramway de l'Exposition. *Ri.* 4 Août, 396.

— à air comprimé à Paris (Monmerqué). *Rgc.* Juillet, 80.

Vélocipèdes. Joint hydraulique Birtwisle. *E.* 10 Août, 190.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Action du nickel réduit (Sabatier et Sanderines). *CR.* 16 Juillet, 187.

- à l'Exposition. *Rcp.* 20 Juillet, 64.

- Acétylène.** Action des métaux divisés (Sabatier et Sanderens). *CR.* 23 *Juillet*, 267.
- Acides** gallique. Étude thermique (Massol). *ScP.* 20 *Juillet*, 614.
- phosphorique en présence des dissolutions saturées de bicarbonate de chaux (Schlœsing). *CR.* 23 *Juillet*, 24.
- Préparation du noir (Hubon). *EE.* 11 *Août*, 223.
- Acoustique.** Cinématographie des ondes sonores (Wood). *N.* 9 *Août*, 342.
- Graphophone Grand. *Fi.* *Juillet*, 17.
- Alcool.** Épuration par l'air froid. *Ms.* *Août*, 525.
- Amalgames de sodium et de potassium** (Guntz et Férie). *CR.* 16 *Juillet*, 182.
- Brasserie.** Fermentation chimique de la levure en milieu antiseptique (Rey Pailhade). *ScP.* 5 *Août*, 666.
- Progrès de la (Hempel). *VDI.* 28 *Juillet*, 989.
- Influence des phosphates sur la diastase du malt (Fernbach et Hubert). *CR.* 23 *Juillet*, 293.
- Production du malt glacé ou farineux. Phénomènes morphologiques (Gruss). *Ms.* *Août*, 532.
- Borures de silicium** (Moissan et Stock). *CR.* 16 *Juillet*, 139; *AcP.* *Août*, 433.
- Carbure de calcium.** Fabrication à l'usine du Castelet. *Rcp.* 20 *Juillet*, 61.
- (Industrie du). *EE.* 3 *Août*, 174.
- Carbures d'hydrogène chlorés et bromés** de la série acétylénique (Mouneyrat). *AcP.* *Août*, 485.
- Cellulose.** Soie artificielle. *SiM.* *Mai*, 177, 197.
- Chlorates.** (Pouvoirs oxydants des) (Dosage des). Appareil Felli. *SiM.* *Mai*, 153, 157.
- Constitution de la matière** (Naquet). *Ms.* *Août*, 481.
- Énergie moléculaire** (L') (Jeans). *CN.* 27 *Juillet*, 39.
- Essences et parfums.** Citral et ses formes isomériques (Barbier). *ScP.* 20 *Juillet*, 617.
- États correspondants** (Loi des) (Berthelot). *CR.* 16 *Juillet*, 175.
- Gadolinium** (Demarçay). *CR.* 30 *Juillet*, 343.
- Gaz.** Théorie moléculaire. Diffusion des mouvements et de l'énergie (Brillouin). *ACP.* *Août*, 440.
- Huiles d'olive de Tunisie** et utilisation des margines (Malet). *Ms.* 1^{er} *Août*, 508.
- Industries chimiques allemandes** à l'Exposition (Witt). *Rcp.* 20 *Juillet*, 41.
- Progrès en France (Guillet). *Gc.* 21, 28 *Juillet*, 219, 229; 4 *Août*, 254.
- Évolution des méthodes (Berthelot). *Rgds.* 30 *Juillet*, 869.
- Laboratoire.** Dosage électrolytique du bismuth (Balachowsky). *CR.* 16 *Juillet*, 179.
- Azote. Recherches dans les substances organiques contenant du soufre (Taubet). *Ms.* *Août*, 542.
- Emploi du sulfate de cuivre dans le procédé Kjeldahl. *Ms.* *Août*, 544.
- Dosage iodométrique du sucre par la liqueur de Fehling (Schvorl). *Ms.* *Août*, 550.
- — de l'acide arsénieux (Groch et Morris). *American Journal of science.* *Août*, 151.
- — des carbonates alcalins en présence des bicarbonates (Cameron). *CN.* 10 *Août*, 68.
- Analyse des labradorites et topazes. Dosage du fluor (Harker). *CN.* 3, 10 *Août*, 56, 64.
- Analyse électro-chimique. *EE.* 11 *Août*, 224, 228.
- Perchlorure de fer.** Solutions organiques (de Coninck). *CR.* 23 *Juillet*, 275.
- Périodicité.** Le 8^e groupe (Howe). *CN.* 20, 27 *Juillet*, 31, 37; 3 *Août* 53.
- Radioactivité.** Nouvelles substances radioactives (Curie). *Rs.* 24 *Juillet*, 66.
- Barium (Lengyel). *CN.* 20 *Juillet*, 25.
- — (Debierne). *CR.* 30 *Juillet*, 333.
- Radium** (Spectre du) (Demarçay). *CR.* 23 *Juillet*, 258.
- Savon.** Machine à tablettes Savory. *E.* 3 *Août*, 154.
- Saline et Soudière** Marcheville. — Daguin. *Gc.* 28 *Juillet*, 231.
- Silicium.** Préparation industrielle (Lebeau). *EE.* 11 *Août*, 232.
- Solubilité d'un mélange de sels ayant un ion commun** (Touren). *CR.* 23 *Juillet*, 259.
- Teinture.** Fuschine et matières colorantes à chromophore acide (Seyewitz). *ScP.* 20 *Juillet*, 618.
- Couleurs au bisulfite (Schœn). *SiM.* *Mai*, 152.

- Teinture.** Matières colorantes à fonctions acides (Prudhomme). *SiM.* Mai. 158.
 — (Diasbase des) (Nicolle). *MC.* 1^{er} Août, 253.
 — Nouveau colorant bleu solide aux alcalis (Prudhomme). *Id.*, 161.
 — Couleurs grises et noires sur coton par les dérivés nitrosés d'amines tertiaires (Brandt). *MC.* 1^{er} Août, 241.
 — Indigo (Substituts de l') (Caberti). *MC.* 1^{er} Août, 240.
Tungstène. Réduction de l'anhydride tungstique par le zinc. Préparation du tungstène pur (Delépine). *CR.* 16 Juillet, 184.
Uranium (Rayonnement de l') (Becquerel). *CR.* 16 Juillet, 137.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Allemagne.** Développement de la navigation maritime et fluviale. *Ef.* 11 Août, 187.
Apprentissage (L'). *Ef.* 21 Juillet, 83.
Assistance publique et bienfaisance privée (Rivière). *Rso.* 16 Juillet, 81.
Associations rurales en Belgique (Varlon) *Musée social.* Mai.
Change (Question du). *Ef.* 21 Juillet, 81.
Coopération philanthropique. *Ef.* 4 Août, 149.
Douanes. Influence des droits sur les prix. *Ef.* 21 Juillet, 89.
France. Dette publique. *Ef.* 11 Août, 185.
 — (Fortune de la). *Rsc.* Août, 217.
 — Finances de la ville de Paris depuis un siècle. *Ef.* 11 Août, 189.
Glace. Fabrication et commerce dans l'Amérique du Sud. *USR.* Juillet, 263.
Nouvelle Calédonie. Avenir de la colonisation industrielle. *Rsd.* Août, 208.
Pensions de retraites. Aujourd'hui et autrefois (Kéralain). *CR.* 16 Juillet, 101.
 — Retraites ouvrières en Belgique et en Italie. *Ef.* 21 juillet, 87.
Porto-Rico. Développement industriel. *EM.* Août, 683.
Russie (La) (Primbault). *Rso.* 16 Juillet, 111.
Sucre. Industrie aux États-Unis. *SNA.* Juin, 471.
Travail (Organisation du) et question sociale (Thury). *Rso.* Août, 214.

Villa des vieux ouvriers à Cointe. *Rso.* 16 Juillet, 140.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Chauffage** à basse pression Hamelle. *Ac.* Juillet, 98.
Ciment. Essais de résistance (Paterson). *E'.* 10 Août, 127.
 — armé et les constructions mécaniques. *Le Ciment.* Juillet, 97.
 — Injections de ciment à l'air comprimé dans les maçonneries (Caméri). *Le Ciment.* Juillet, 100.
 — Fer et béton (Calcul des flèches dans les constructions en). *Le Ciment.* Juillet, 105.
Éclairage des appartements par prismes (Grune). *Fi.* Août, 97.
Exposition. Palais des Invalides. *Gc.* 4 Août, 245; des Illusions. *Id.* 232.
Métal déployé (Le). *Rt.* 10 Juillet, 289.
Ponts allemands du XIX^e siècle. *VDI.* 28 Juillet, 982.
 — A l'Exposition. *E.* 10 Août, 186.
 — (Construction économique des). *E.* 3 Août, 153.
 — Calcul de la courbe d'équilibre dans les arcs (Lean). *E'.* 3 Août, 110.
Spécifications internationales (Webster). *E.* 3 Août, 163.
Vent (Force du) (Kohfahl). *VDI.* 4 Août, 1021.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs** à l'Exposition. *EE.* 4 Août, 161.
Canalisations à courants alternatifs et polyphasés. Étude graphique (Hanappe). *Ru.* Juillet, 42.
Changements moléculaires occasionnés par les ondes électriques (Bose). *CN.* 3 Août, 49.
Distribution électrique (Progrès des) (L. Girard). *Ru.* Juillet, 78.
Dynamos. Alternateurs (Construction des) (Hobaul et Parshal). *E.* 27 Juillet, 107; 3 Août 141.
 — compound de 726 Kilowatts (Bouche-rot). *Ie.* 23 Juillet, 297.
 — Démarreur Fisher Hinn pour moteurs asynchrones triphasés. *Ie.* 23 Juillet, 300. *EE.* 28 131.

Dynamos. Pertes par hystérésies et courants de Foucault (Mesures des) (Rowland). *American Journal of Science.* Août, 91.
— Réaction d'induit (Potin). *EE.* 28 Juillet, 133.

Éclairage. Arc. Lampe à vase clos Ark. *Élé.* 4 Août, 74.

— alternative (Ganz). *See.* Juin, 235.
— Fontaines de l'Exposition. *EE.* 11 Août, 201.

Incandescence. Lampe Malignani. *ic.* 23 Juillet, 309.

Électrochimie en 1900 (Minet). *EE.* 4 Août, 174. *VDI.* 4 Août, 1005 (Heizerling).

— Décapage des métaux. *EE.* 21 Juillet, 91.
— Électrolyse des alcalis en pratique (Hausmann). *Dp.* 28 Juillet, 469.
— (Anodes pour). *Eam.* 4 Août, 127.
— Préparation des hypochlorites (Sieverts). *EE.* 21 Juillet, 105.
— Adhérence du zinc électrolytique à l'acier (Cowper Coles). *EE.* 21 Juillet, 113.
— Hypochlorites concentrés (électrolyse des) (Brochet). *CR.* 30 Juillet, 340.
— Balanciers galvanogrammes Ducot. *Élé.* 21 Juillet, 33.
— Galvanisage des tubes de chaudières Cowper Cowles. *E.* 27 Juillet, 130.
— Nickelage au tonneau Graner. *Élé.* 28 Juillet, 497.
— Electro-sidérurgie (Stassano). *Élé.* 28 Juillet, 56.
— Principes de l'analyse électro-chimique (Hollard). *EE.* 11 Août, 224.

Stations centrales. Gloucester. *E'.* 27 Juillet, 93.

— à l'Exposition (Compagnie d'électricité de Creil). *E.* 27. Juillet, 131. Piguet-Grammont. *E.* 28 Juillet, 121. Augsburg-Nuremberg et Helios. *Gc.* 28 Juillet, 225.

— (Prix des) (Dawson). *E.* 27 Juillet, 112.

Télégraphie électro-magnétique (Fessenden). *Fi.* Juillet, 63; Août, 106.

— multiple Munier. *EE.* 21 Juillet, 81.
— Câbles armés (Recherches des fuites) (Probst). *EE.* 21 Juillet, 103.

Téléphone. Appel direct Dardeau. *E.* 27 Juillet, 108.

— Tableau multiple de Saint-Étienne. *Élé.* 4 Août, 65.

HYDRAULIQUE

Canaux. Traction électrique. Canal de Bruxelles à Charleroi. *EE.* 4 Août, 183.

— (Régularisation des) (Pollak). 201. 3 Août, 477.

Distributions d'eau. Dimensions des réservoirs (Vigreux). *Gc.* 21 Juillet, 220.

— de Godalming. *E.* 3 Août, 139.

— Filtration des eaux de source (Oesten). *VDI.* 28 Juillet, 976.

Pompes. Shore et Walker. *RM.* Juillet, 109.

— Lhoyd et Davis. *Id.* 110.

Régulateur pour moteurs Laurent et Collot. *Ri.* 14 Juillet, 267.

Turbines Ganz. *E'.* 27 Juillet, 81.

MARINE, NAVIGATION

Allemagne. Développement de sa marine (Blondel). *Rgds.* 31 Juillet, 883.

Amérique. Chantiers de construction (Fawcrtt). *EM.* Août, 661.

Constuotions navales. Résistance des carènes (Niles). *E'.* 10 Août, 144.

Machines marines des croiseurs américains. *E'.* 3 Août, 103, 115.

— Blindage Caummell (essais). *E.* 3. Août, 117.

Phares à l'Exposition. *E'.* 10 Août, 133.

Ports. Jetées à réaction (Haupt). *Fi.* Juillet, 1.

— de Tunisie. *Rt.* 25 Juillet, 313.

— de Bilbao (Travaux du port extérieur) (Coiseau). *ic.* Juillet, 31.

Mesures. (Appareils de). (Stevens). *Fi.* Juillet, 44.

— Compteurs pour courants alternatifs (Armagnat). *EE.* 21 Juillet, 92 (Holden). *Élé.* 11 Août, 81.

— Comparaison des self-inductions. Méthode nouvelle (Carpentier). *EE.* 21 Juillet, 114.

— Clef de court circuit pour galvanomètre Banville. *Élé.* 28 Juillet, 50.

Sous-marins. Gouvernails d'immersion (Noalhat). *Rt.* 25 Juillet, 321.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Navigation aérienne au long cours (Dex). *Rt.* 25 Juillet, 329.

Changement de vitesse Niles. *AMa.* 2 Août, 737.

Chaudières à tubes d'eau Delpeutte. *Pm. Juillet*, 102. Mahl et de Nittis (oléothermique). *Ri.* 28 *Juillet*, 285. Shaw, Des Vignes et Cloud. *RM. Juillet*, 100. à la mer (Goschen). *E'*. 20, 27 *Juillet*, 70, 89; *E.* 27 *Juillet*, 123.

- Foyer Davidson et Reed. *Juillet*, 103.
- Grilles mécaniques. *E'*. 20 *Juillet*, 63. Binnie. *RM. Juillet*, 103.
- Injecteur Young. *RM. Juillet*, 402.
- Explosion à Banbury. *E.* 3 *Août*, 160.
- Purgeur Tunley. *E'*. 27 *Juillet*, 97.
- Prise de vapeur Price. *RM. Juillet*, 103.
- Régulateur de pression Metzger. *RM. Juillet*, 104.

Broyeur Huntington. *RM. Juillet*, 123.

- Surchauffeur Hering. *Ri.* 21 *Juillet*, 227.

Drague Smulders. *E.* 3 *Août*, 149.

Essoreuse Laidlaw et Macfarlane. *RM. Juillet*, 120.

Graisseurs O'Brien, Mac Canna. *RM. Juillet*, 120. — multiple Watt. *E.* 10 *Août*, 177.

Levage. Manutention des minerais. *SuE.* 1^{er}, 15 *Juillet*, 698, 750; 1^{er} *Août*, 798.

- Alimentation de charbons Lidgerwood. *E'*. 27 *Juillet*, 84.
- Crochet hydropneumatique Redway. *RM. Juillet*, 111.
- Grue Le Blanc à l'Exposition. *Ri.* 28 *Juillet*, 287.
- Palan à air comprimé Cathcart. *RM. Juillet*, 111.
- Trolley électrique Sprague. *AMa.* 19 *Juillet*, 693.
- Tapis mobile. Reno. *E'*. 10 *Août*, 136.

Machines-outils à l'Exposition. *AMa.* 5, 12 *Juillet*, 631, 657; *VDI.* 21 *Juillet*, 943; 4, 11 *Août*, 1017, 1050.

- Ateliers (Réorganisation des). *E.* 27 *Juillet*, 124.
- Organisation commerciale. *EM.* *Août*, 705.
- Cisaille Challen. *E'*. 10 *Août*, 143.
- Fraiseuse Kendall et Gent. *E.* 10 *Août*, 174.
- Étau limeur Potter et Johnston. *RM. Juillet*, 113.
- Frappeurs à air comprimé. *RM. Juillet*, 115.
- à tailler les pignons Fellows. *Fi.* *Août*, 81. Monneret. *RM. Juillet*, 63.

Machines-outils. Perceuse radiale, Kendal et Gent. *E.* 10 *Août*, 175.

- Presses découpeuses Bliss. *AMa.* 26 *Juillet*, 710.
- Taraudeuse pour tubes Forbes. *Ri.* 4 *Août*, 296.
- Tour revolver Melhuish. *RM. Juillet*, 118.
- à bois à l'Exposition. *E.* 27 *Juillet*, 118.

Moteurs à vapeur à l'exposition Escher-Wyss 1000 chevaux. *Ri.* 14 *Juillet*, 265. Borsig. *E'*. 20 *Juillet*, 64. Galloway compound. *E'*. 27 *Juillet*, 92. Cail et C^{ie}, Crépelle et Garaud. *E'*. 3 *Août*, 106. Carels. *Ri.* 11 *Août*, 303.

- Compound. Proportions des cylindres (Ball). *E'*. 27 *Juillet*, 97. Reeves. *AMa.* 26 *Juillet*, 716.

— Condenseur Conover. *RM. Juillet*, 127.

— Distribution Wetzel. *RM. Juillet*, 125.

— Locomobile Wolf. *E'*. 27 *Juillet*, 79.

— Régulateur Whitehead. *RM. Juillet*, 125.

— Turbines Parsons (Exposition). *Ri.* 21 *Juillet*, 273.

— — Terry. *RM. Juillet*, 127.

— — de Laval à l'Exposition. *E.* 3 *Août*, 149.

— à gaz (Soupapes des). *E'*. 30 *Juillet*, 49.

— — (Théorie des) (Deschamps). *RM. Juillet*, 52.

— — Emploi pour l'éclairage électrique (Dawson). *E.* 10 *Août*, 169.

— — Crossley de 350 chevaux. *E'*. 20 *Juillet*, 68.

— — Régulateur Kupper et Vorritter. *RM. Juillet*, 127.

— — Soupapes d'échappement Crossley et Coster. *RM. Juillet*, 109.

— — de hauts fourneaux. *Ri.* 11 *Août*, 302.

— à pétrole Rumpf. *RM. Juillet*, 110.

— — Banki. *VDI.* 11 *Août*, 1057.

— — Carburateur Bellans. *RM. Juillet*, 111.

Paliers et rouleaux Kinoch. *Ri.* 21 *Juillet*, 278.

Résistance des matériaux. Écoulement du marbre (Adams). *E.* 27 *Juillet*, 129.

— Sélénisation du bois par l'électricité. *Rt.* 10 *Juin*, 245.

— Résistance des cylindres (Prézel). *Dp.* 28 *Juillet*, 476; 4 *Août*, 488.

— Calcul des fers en Z. *VDI.* 4 *Août*, 1029.

Ressorts plats (Les). *AMa.* 19 *Juillet*, 688.
Ventilateurs (Expériences de Rateau). *Ru.* *Juillet*, 37.

MÉTALLURGIE

Aluminium à l'Exposition (Matignon). *Ms.* *Août*, 490.

Coke. Fours Brunek. *SuE.* 1^{er} *Juillet*, 685.

Cuivre. État actuel de sa métallurgie (Schnabel). *Pm.* *Juillet*, 109.

— Production et consommation actuelle. *E.* 10 *Août*, 184.

Fer et acier. Chargeurs pour fours Martin. *SuE.* 13 *Juillet*, 748.

— Cristallisation (Parry) *CN.* 20 *Juillet*, 28.

— Analyse des aciers au chrome et au tungstène (M. Kenna). *CN.* 10 *Août*, 67.

— Progrès du procédé Martin (Howe). *Ms.* *Août*, 502.

— Dosage du phosphore dans l'acier (Ibottson et Brearley). *CN.* 3 *Août*, 55.

— Thermo-électricité des aciers (Belloc). *CR.* 30 *Juillet*, 336.

— Machine soufflante Buckeye. *RM.* *Juillet*, 123.

Fer-blanc (Industrie du). *E.* 3 *Août*, 156.

Gazogènes Coyna. *Eam.* 7 *Juillet*, 11.

— Riché. *Pm.* *Juillet*, 98.

Or. Cristallisation (Ditte). *CR.* 16 *Juillet*.

Plomb. État actuel de sa métallurgie (Schnabel). *Pm.* *Juillet*, 110.

MINES

Colonies françaises. Richesses minérales (Pelatan). *Ru.* *Juillet*, 1.

École des mines de Saint-Étienne (Babu). *Im.* xiv, 277.

Fer oolithique. Gisements du Luxembourg et de la Lorraine (Hoffmann). *Ru.* *Juillet*, 77.

Fonçage en sables mouvants. *Eam.* 14 *Juillet*, 43.
Gaz des mines. Essai chimique. *Ru.* *Juillet*, 98.
Gisements métalliques. Nature et rendement (Brough). *SA.* 20, 27 *Juillet*, 673, 689; 10 *Août*, 721.

Grillage. Four mécanique Edwards. *Eam.* 21 *Juillet*, 73.

Houillères. Formation des bassins carbonifères (Grand-Eury). *CR.* 16 *Juillet*, 166.

— Bassin houiller du Gard (Bertrand). *AM.* *Mai*, 503. d'Australie. *E.* 3 *Août*, 156.

— Lampe Howat. *Eam.* 7 *Juillet*, 11.

— Applications de l'électricité. *EM.* *Août*, 712.

Or. Dragage en Nouvelle-Zélande. *Eam.* 4 *Août*, 128.

— Mines de San Domingo. Pérou. *Eam.* 7 *Juillet*, 9.

— Chloride District Arizona. *Eam.* 23 *Juillet*, 97.

— Bocardage au Transvaal. *Dp.* 28 *Juillet*, 482.

— Extraction des pyrites par amalgamation (Davey). *Eam.* 28 *Juillet*, 100.

— Placers de l'Oural. *Eam.* 14, 21 *Juillet*, 35, 37.

— Gisement de Copaliquin, Mexique. *Eam.* 21 *Juillet*, 71.

Perse. Richesses minérales. *Ru.* *Juillet*, 93.

Phosphates. American Phosphate Co. Mont Pleasant. *Eam.* 7 *Juillet*, 7.

Plomb. Mines du Missouri-Kansas. *Eam.*, 23; *Juillet*, 98.

Roches ignées. Composition (Warth). *CN.* 20 *Juillet*, 29.

Transvaal. Industrie minière pendant la guerre. *Eam.* 4 *Aout*, 126.

Zinc. Mines de Monteponi (Sardaigne). *Eam.* 21 *Juillet*, 69.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. de Chasseloup-Laubat (1).

ANGLETERRE

MONOGRAPHIES

* *Cuirassés*. — Les premiers cuirassés. — Warrior. — Alexandra. — Dreadnought. — Inflexible. — Colossus. — Conqueror. — Collingwood. — Sans-Pareil. — Nile. — Royal Sovereign. — Centurion. — Hood. — Renown. — Majestic. — Canopus. — Formidable. — Nouveau cuirassés.

Croiseurs cuirassés. — Orlando. — Cressy.

Croiseurs protégés. 1^{re} classe. — Blake. — Edgar. — Terrible. — Diadem.

— 2^e classe. — Apollo. — Éclipse. — Arrogant.

— 3^e classe. — Pelorus.

LES PREMIERS CUIRASSÉS ANGLAIS

L'Angleterre opposa à la *Gloire*, premier cuirassé français, le *Warrior*, le *Black-Prince*, puis l'*Achille*, cuirassés à coque de fer. En même temps, l'amirauté anglaise convertissait un certain nombre de ses navires en bois en navires cuirassés, tels : *Zealous*, *Repulse*, *Ocean*, *Research*, *Royal Alfred*, *Royal Oak*, *Prince Consort*, *Caledonia*, ainsi que *Lord Clyde* et *Lord Warren* d'un type plus puissant mais également en bois.

L'*Agincourt*, le *Minotaur* et le *Northumberland* vinrent ensuite (1864 à 1866) avec coque en fer et ceinture blindée totale. Le déplacement de ces navires est de 10 700 tonnes environ et leur vitesse de 14 nœuds. La ceinture, de 140 milli-

(1) Voir le *Bulletin* de mars, avril 1900.



mètres d'épaisseur seulement, descend à 1^m,50 au-dessous de la flottaison et s'élève jusqu'au pont des gaillards.

Le *Bellerophon* et le *Hercules*, construits le premier en 1865, le second en 1868, sur les plans de sir E.-J. Reed, sont de dimensions moins importantes (7550 et 8680 tonnes) et de vitesse un peu supérieure (13 nœuds). Tous deux ont une ceinture complète se relevant au centre pour former réduit blindé. *Sultan* (1870-9290 tonnes) et *Alexandra* (1875-9500 tonnes) (1) sont encore des cuirassés à ceinture totale et à réduit central; c'est le *Téméraire*, lancé en 1876, qui inaugure la série des cuirassés à tourelles: ce cuirassé comporte, en effet, deux tourelles barbettes axiales, à l'avant et à l'arrière, contenant chacune deux gros canons de 25 tonnes montés sur affûts à éclipse (2). La ceinture, de 279 millimètres, descend à 1,37 au-dessous de l'eau, mais elle ne monte plus qu'à 0,76 au-dessus, sauf au centre où elle se relève, sur 24 mètres de long, pour former un réduit blindé à 203. Les tourelles sont blindées à 254.

La *Dévastation*, dessinée aussi par sir Edward Reed, en 1869, marque le début des cuirassés à tourelles fermées mobiles. Les deux tourelles axiales renferment des canons de 35 tonnes; elles sont blindées de 254 à 305. La ceinture règne de bout en bout, avec 305 d'épaisseur maximum, et il y a un réduit central, d'une cinquantaine de mètres de longueur, blindé à 254. Le déplacement est de 9400 tonnes. *Thunderer* et *Dreadnought* (3) sont du même type.

L'*Inflexible* (4) (12070 tonnes) forme avec *Agamemnon* et *Ajax* (8800 tonnes) d'une part, *Colossus* (5) et *Edinburgh* (9150 tonnes) d'autre part, la série des *citadel ships* lancés de 1881 à 1886. Ces navires comportent un pont blindé descendant au-dessous de la flottaison et protégeant les organes essentiels; la ceinture n'est plus totale. Les navires de la classe « Amiral », dont *Collingwood* (6) est le type, n'ont également qu'une ceinture partielle; de plus, le réduit central disparaît et les grosses pièces sont placées dans des tourelles barbettes placées à l'avant et à l'arrière.

Le *Victoria* (coulé en 1893 par le *Camperdown*) et le *Sans-Pareil*, marquent un retour en arrière; ils comportent une tourelle unique fermée à l'avant. Ils sont pourvus de machines à triple expansion, et leur vitesse atteint 17 nœuds. Ces navires sont les derniers qui aient reçu les énormes pièces de 110 tonnes.

Le *Nile* (7) et *Trafalgar* marquent de même un retour aux dispositions gé-

(1) Voir description, p. 256.

(2) Après chaque coup, le canon vient s'abriter derrière le blindage de la tourelle; puis, quand il a été rechargé, un appareil hydraulique le ramène à sa position de tir.

(3) Voir description, p. 257.

(4) Voir description, p. 258.

(5) Voir description, p. 259.

(6) Voir description, p. 263.

(7) Voir description, p. 267.

nérales du *Dreadnought* et de la *Dévastation*; la ceinture cuirassée ne règne que sur 65 p. 100 de la longueur; les deux tourelles fermées, blindées à 457, renferment chacune deux canons de 67 tonnes.

Le *Royal Sovereign*, lancé en 1891, nous amène aux navires contemporains décrits en détail plus loin.

WARRIOR

Cuirassé à batterie (1861).

Construit à Blackwall, par les *Thames Iron Works* sur les plans de MM. Scott Russell et Isaac Watts, mis en chantier en juin 1859, lancé le 29 décembre 1860, achevé en 1861.

Le *Black Prince* construit à Glasgow dans les chantiers de MM. Napier, a été établi sur les mêmes plans. L'*Achille* est également un navire similaire mais avec ses extrémités blindées à la flottaison.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur entre perpendiculaires. .	116 ^m ,82
Longueur.	117 ^m ,70
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,14
— arrière.	8 ^m ,22
Déplacement.	9 200 tonnes.

Les poids se répartissent ainsi (1) :

	Tonnes.	Tonnes.
Coque.	4 760	9 200
Cuirassement.	1 370	
Armement.	570	
Équipement.	820	
Machines.	980	
Charbon.	700	

Coque. — Coque en fer; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal; quilles latérales en fer sur toute la longueur du navire. La hauteur des œuvres mortes au milieu est de 6 mètres; trois mâts; deux cheminées.

Protection. — Ceinture partielle au milieu sur 66 mètres de long, descendant à 2 mètres au-dessous de la flottaison et s'élevant à 5 mètres au-dessus. Les extrémités sont reliées par des traverses cuirassées. Épaisseur uniforme de 114 millimètres pour les plaques, qui sont en fer forgé. Poids total de l'armure : 975 tonnes.

Chacun des deux ponts supérieurs est recouvert d'une tôle de 12 millimètres.

Blockhaus blindé à 100 millimètres, à l'arrière, sous la passerelle.

Machines. — De Penn, pesant 950 tonnes, d'une puissance de 5 300 chevaux indiqués, actionnant une hélice de 7^m,45 de diamètre. Dix chaudières. Vitesse

(1) White, *The new programme for Shipbuilding*. (Société des Ingénieurs civils anglais. — 1888-1889.)

moyenne de 14 pour six parcours d'essais effectués à Stokes Bay; vitesse maximum, sur le mille mesuré : 14ⁿ,35 avec 5 500 chevaux. Le *Black Prince* n'a donné que 12ⁿ,2 sur le mille mesuré.

Armement. — L'armement comprend :

- 4 canons bouche de 203 millimètres, de 12 tonnes, sur le pont des gaillards;
- 12 canons bouche de 178 millimètres sur les gaillards;
- 16 canons de 178 millimètres dans la batterie, avec commandement de 2^m,84;
- 4 canons à tir rapide;
- 8 mitrailleuses;
- 2 tubes lance-torpilles.

Nota. — Ce navire et le similaire *Black Prince* ne peuvent plus guère être utilisés que pour le service des ports.

ALEXANDRA

Cuirassé à réduit (1875).

Construit en 1876 à Chatham, achevé en 1877, entièrement refondu en 1890.

Longueur entre perpendiculaires.	99 ^m ,10
Largeur.	19 ^m ,40
Tirant d'eau arrière.	8 ^m ,08
Déplacement	9 500 tonnes.

Coque. — Coque en fer; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal. Deux cheminées, trois mâts.

Protection. — Ceinture cuirassée en fer forgé, de 305 à 152 millimètres, régnant de bout en bout, descendant à 1^m,68 au-dessous de la flottaison sur la longueur du navire et s'enfonçant jusqu'à 3^m,66 à l'avant; elle s'élève à 1^m,52 au-dessus de la flottaison.

Pont blindé à 52 millimètres, en métal compound, au niveau du can supérieur de la ceinture. Batterie centrale octogonale à deux étages, blindée à 203 millimètres, entre le pont blindé et le pont des gaillards, avec traverses à 203 millimètres.

L'étage inférieur de la batterie se prolonge en avant de l'étage supérieur, mais la traverse avant de l'étage supérieur descend jusqu'au pont blindé et divise par suite l'étage inférieur en deux parties séparées. La batterie inférieure, de 30 mètres de long, est percée de huit sabords (trois de chaque bord et deux dans les angles avant, pour le tir en chasse); la batterie supérieure, de 20 mètres de long, a quatre sabords d'angle.

Machines. — Machines de 7 000 chevaux; le diamètre du cylindre HP est de 1^m,78 et celui de chacun des deux cylindres BP de 2^m,29; la course du piston est de 1^m,22. Deux hélices. Onze chaudières.

La vitesse aux essais officiels a été de 16 nœuds avec 67 tours à la minute.

L'approvisionnement normal de charbon est de 680 tonnes.

Armement. — 8 canons bouche de 254 millimètres à l'étage inférieur du réduit : 6 dans la partie centrale, tirant par le travers, 2 dans la partie avant, tirant par les pans coupés, avec commandement de 3 mètres.

4 canons de 234 millimètres, tirant par les 4 pans coupés de l'étage supérieur, avec commandement de 6 mètres.

6 canons de 102 millimètres à tir rapide;

4 canons de 6 livres (57 millimètres) à tir rapide;

6 canons de 3 livres (47 millimètres) à tir rapide;

4 tubes lance-torpilles.

Equipage de 680 hommes.

DREADNOUGHT

Cuirassé à tourelles fermées (1875).

Construit à Pembroke par M. Martin, ingénieur en chef de l'arsenal, sur les plans du Conseil de construction, lancé et achevé en 1875.

Dimensions :

Longueur.	97 ^m ,53
Largeur.	19 ^m ,58
Tirant d'eau arrière.	8 ^m ,25
Déplacement.	10 820 tonnes.

Coque. — Coque en fer; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal; éperon; un mât de signaux à l'arrière de deux cheminées dans l'axe. La hauteur des œuvres mortes au-dessus de l'eau, au milieu, n'est que de 3^m,25.

Protection. — Ceinture cuirassée totale en saillie sur le bordé; la ceinture

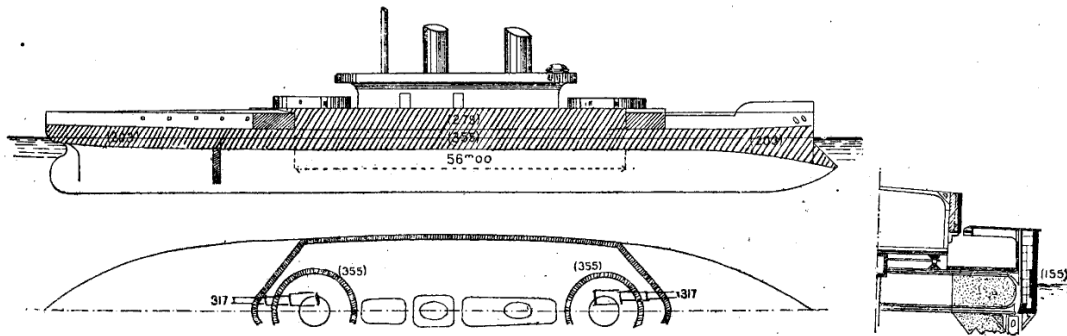


Fig. 16. — *Dreadnought*, cuirassé.

descend à 1^m,83 au-dessous de la flottaison. Vers l'avant, elle s'enfonce encore davantage pour renforcer l'éperon. Elle s'élève sur toute la longueur à 1^m,20 au-dessus de la flottaison. Cette ceinture est formée de plaques en fer forgé; elle a 355 millimètres au centre et 203 millimètres aux extrémités.

Au-dessus de la ceinture, entre les tourelles, sur 56 mètres de longueur, dans l'axe, caisson blindé à 355 millimètres près des tourelles et 279 millimètres dans le milieu, limité par des traverses en partie arrondies, englobant les tourelles et blindées aussi à 355 millimètres.

Deux tourelles fermées tournantes, dans l'axe, blindées à 355 millimètres.

Ces tourelles ont 9^m,80 de diamètre. Le mode de chargement des pièces exige ce diamètre considérable, malgré la courte volée des pièces. En effet le canon recule à l'intérieur de la tourelle, la bouche de la pièce est abaissée presque au niveau du pont et amenée ainsi, par la rotation de la tourelle, dans la position convenable pour recevoir la charge; celle-ci est apportée par un chariot et refoulée par un piston qui traverse le pont. Le canon est ensuite redressé et la tourelle est ramenée à sa position primitive. Toutes ces manœuvres sont assurées par des appareils hydrauliques.

Pont principal blindé à 63 millimètres, au-dessous du réduit central.

Machines. — Deux machines d'une puissance totale de 8 200 chevaux (1).

A donné une vitesse de 14ⁿ,2 aux essais sur le mille mesuré, avec 7 927 chevaux.

Approvisionnement de charbon : 1 300 tonnes.

Armement. — 4 canons de 317, par paires dans les tourelles; manœuvre hydraulique;

6 canons de 6 livres (57 millim.), à tir rapide;

12 canons de 3 livres (47 millim.), à tir rapide;

7 mitrailleuses;

2 tubes lance-torpilles.

453 hommes d'équipage.

INFLEXIBLE

Cuirassé à tourelles fermées (1876).

Construit à Portsmouth, lancé en avril 1876, achevé en 1881.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires . .	97 ^m ,54
Largeur	23 mètres.
Tirant d'eau arrière	8 ^m ,02
Déplacement	11 880 tonnes.

Coque. — Coque en fer; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal; deux mâts; deux cheminées dans le réduit central.

Protection. — Caisson central rectangulaire à angles arrondis, formé d'une

(1) Nouvelles machines et chaudières installées en 1898-1899, les anciennes machines ne donnaient que 6 500 chevaux.

ceinture régnant sur 33^m,50 de longueur et dont les extrémités sont reliées par des traverses blindées à 610 millimètres à l'avant et 559 millimètres à l'arrière.

La ceinture, en fer et acier, a 610 millimètres à la flottaison (sur 0^m,60 au-dessus et 0^m,60 au-dessous), 410 millimètres au can supérieur et 500 millimètres en moyenne sur toute la surface protégée. Elle descend à 1^m,96 au-dessous de la flottaison et s'élève à 2^m,90 au-dessus; elle est formée de deux épaisseurs séparées par un matelas de bois.

Pont supérieur blindé à 76 millimètres, au can supérieur du caisson; ponts sous-marins à l'avant et à l'arrière au niveau du can inférieur de la cuirasse.

Deux tourelles mobiles fermées, placées en diagonale, de part et d'autre de l'axe; la ligne joignant les axes fait un angle de 35° avec l'axe du navire. Ces tourelles ont 10^m,30 de diamètre; elles sont blindées à 406 millimètres.

Le chargement des pièces s'effectue du dehors: la volée est abaissée sur le pont et la bouche vient se placer derrière une paroi verticale ménagée dans le pont et pourvue d'un trou correspondant au diamètre de la pièce. C'est par ce trou que s'effectue le chargement. Un opercule, manœuvré de l'intérieur de la tourelle permet de fermer hermétiquement l'orifice.

Le blockhaus, entre les tourelles, est blindé comme celles-ci, ainsi que le tube de communication du blockhaus.

Machines. — Deux machines compound à trois cylindres; deux hélices. Puissance 8 000 chevaux; vitesse 13ⁿ,8. Douze chaudières avec 13 foyers. Approvisionnement de charbon de 1 300 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons bouche de 406 millimètres (80 tonnes), par paires, dans les tourelles, avec commandement de 4^m,40 et champ de tir de 180° d'un côté et 60° de l'autre entre la cheminée voisine et l'autre tourelle;

8 canons culasse de 102 millimètres;

4 canons de 37 à tir rapide;

2 canons de 47 à tir rapide;

14 mitrailleuses.

Il y a 4 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

460 hommes d'équipage.

COLOSSUS

Cuirassé à tourelles fermées et à citadelle (1882).

Construit à Portsmouth, mis en chantier le 26 juillet 1879, lancé en 1882, achevé en 1886.

L'*Edinburgh*, du même type, a été construit à Pembroke, lancé le 18 mars 1882, achevé en 1886.

Deux mâts, cheminée unique dans l'axe, au centre.

Dimensions :

Longueur totale	99 ^m ,06
Largeur	20 ^m ,73
Tirant d'eau en charge arrière. . .	8 mètres.
— — — — — moyen	7 ^m ,85
Déplacement correspondant.	9 150 tonnes.
Surface immergée au maître couple.	140 ^m ²

Coque en acier, double fond ; cloisonnement transversal et longitudinal. La hauteur métacentrique est de 2^m,75. Deux quilles latérales, water-ballast.

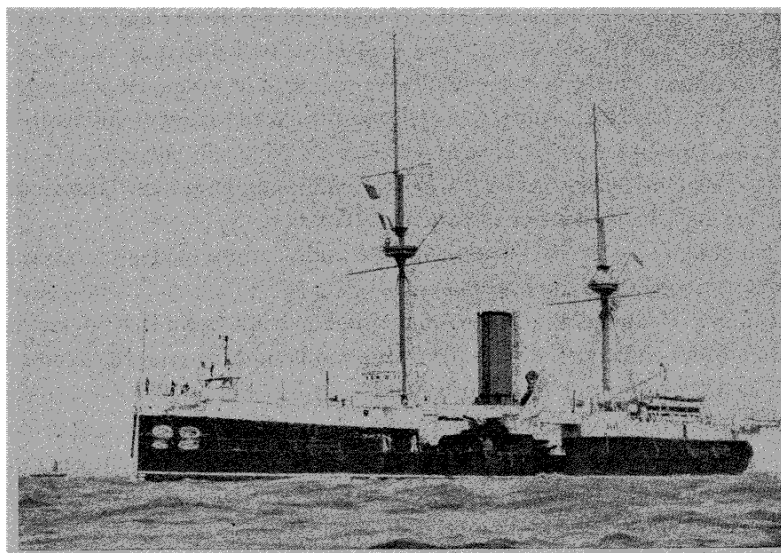


Fig. 17. — *Colossus*, cuirassé.

Protection. — Ceinture au centre sur 32^m,92 de long, reliée d'un bord à l'autre par des cloisons elliptiques et formant un haut caisson central. Cuirasse formée de métal mixte (fer et acier), de 457 à 254, sur matelas de teck de 25 à 55 millimètres. La cuirasse descend à 1^m,83 au-dessous de la flottaison et s'élève à 2^m,90 au-dessus.

Deux tourelles fermées de part et d'autre de l'axe, au-dessus du réduit central, blindées à 355 millimètres. Ces tourelles sont manœuvrées par des machines hydrauliques.

Pont blindé à 76 millimètres sur le réduit.

Pont sous-marin de 76 millimètres en avant et en arrière du réduit.

Blockhaus à l'avant, blindé à 355.

Machines. — Deux machines compound à trois cylindres. Deux hélices en bronze de 6^m,55 de diamètre. Dix chaudières avec 28 foyers, donnant de la vapeur à 4^{kg},5.

Puissance 7 000 chevaux.

Vitesse 16 nœuds.

Approvisionnement de charbon : 970 tonnes.

Les essais de l'*Edinburgh*, faits en septembre 1883, ont donné une vitesse moyenne de 16 nœuds au régime de 87 tours et avec 6 809 chevaux; les tirants d'eau n'étaient que de 6^m,76 à l'avant et 7^m,14 à l'arrière, soit 6^m,95 en moyenne, au lieu de 8 mètres à charge normale. Mais, depuis, ce navire aurait reçu de nouvelles chaudières.

Armement :

4 canons culasse de 305, par paires, dans les tourelles, tirant en chasse ou retraite directe et par le travers avec commandement de 4 mètres. Des appareils hydrauliques assurent le chargement;

5 canons de 152 millimètres à tir rapide, sur les superstructures;

4 canons de 57 millimètres à tir rapide;

10 canons de 47 millimètres à tir rapide;

6 mitrailleuses;

2 tubes lance-torpilles.

396 hommes d'équipage.

CONQUEROR

Cuirassé à tourelle fermée (1882).

Le *Conqueror* a été construit à Chatham et lancé le 8 septembre 1881.

Le *Hero*, construit également à Chatham, n'est resté que 18 mois en chantier; il a été achevé en 1888.

Dimensions. — Les dimensions sont les mêmes pour les deux navires :

Longueur.	87 ^m ,30
Largeur.	17 ^m ,70
Tirant d'eau arrière.	7 ^m ,30
Déplacement.	6 200 tonnes.

Coque. — Avant bas; arrière haut. Bâtiment peu marin.

Coque en acier; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal.

Un mât à signaux à l'arrière; une cheminée unique au centre; éperon.

Protection. — Ceinture d'épaisseur moyenne de 300 millimètres, partant de la pointe de l'éperon et s'arrêtant à 6 mètres environ de l'arrière, à une grande cloison transversale de 29 millimètres d'épaisseur en fer et acier; elle a 2^m,50 de hauteur.

Pont blindé à 63 millimètres, à la hauteur de la ceinture, devenant sous-marin à l'arrière.

A peu près au milieu, un réduit de 31 mètres de long, blindé à 300 millimètres, entoure la base de la tourelle et les panneaux des chaufferies et des machines; il est fermé sur les flancs par le prolongement de la ceinture jusqu'au pont

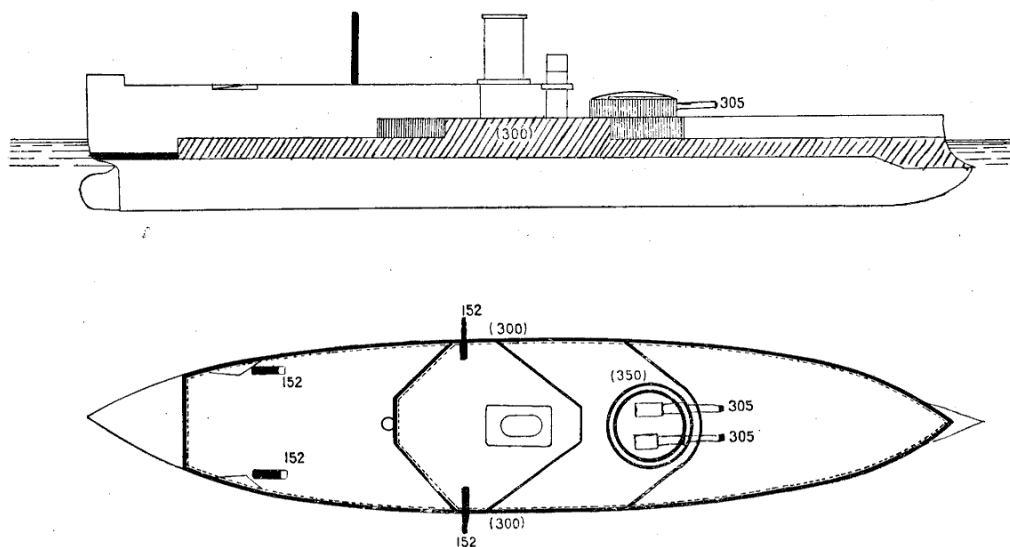


Fig. 18. — *Conqueror*, cuirassé.

supérieur; à l'avant, par une cloison peu oblique; à l'arrière, par une cloison triangulaire.

Tourelle mobile unique de 6^m,75 de diamètre, à l'avant, blindée 350 millimètres.

Blockhaus derrière la tourelle.

Machines. — Machines compound à pilon à trois cylindres, de 6 000 chevaux. huit chaudières; deux hélices.

Vitesse aux essais, 15ⁿ,5.

Approvisionnement de charbon, 650 tonnes.

Armement. — Deux canons de 305 (45 tonnes), dans la tourelle, avec commandement de 4 mètres.

4 canons de 152 à tir rapide, en encorbellement sur le pont des gaillards, avec masques;

6 canons de 57 à tir rapide;

12 mitrailleuses;

6 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

Équipage de 330 hommes.

COLLINGWOOD

Cuirassé à tourelles barbettes (1886).

Lancé à Pembroke en 1882, achevé en 1886; de la classe dite des Amiraux, qui comprend en outre :

Benbow, lancé à Blackwall en 1885, achevé en 1888;

Anson, lancé à Pembroke en 1886, achevé en 1889;

Camperdown, lancé à Portsmouth en 1885, achevé en 1889;

Howe, lancé à Pembroke, le 29 avril 1885, achevé en 1889;

Rodney, lancé à Chatham en 1884, achevé en 1888.

Extrémités basses; superstructure centrale entre les tourelles barbettes;

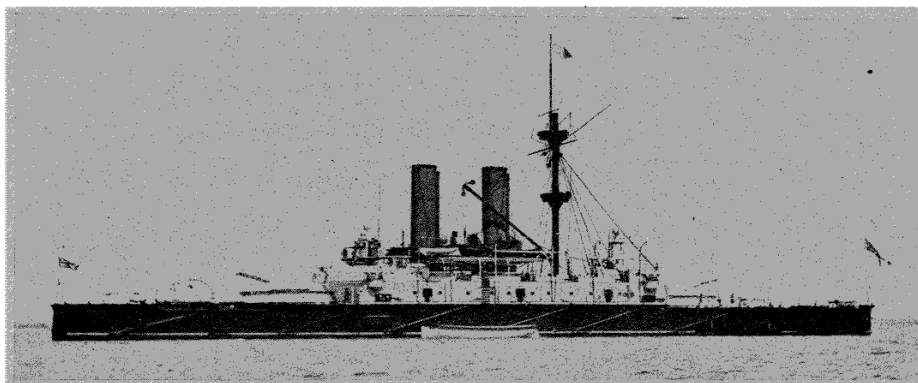


Fig. 19. — *Collingwood*, cuirassé.

franc-bord peu élevé. Ces navires roulent beaucoup; la stabilité de plate-forme par mauvais temps ne serait pas suffisante pour assurer le tir des canons.

Un mât avec hunes de combat derrière la barbette arrière. Deux cheminées dans l'axe, au centre.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	99 ^m ,05
Largeur	20 ^m ,70
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,90
Déplacement.	9 640 tonnes (1)

(1) Les autres navires de la même classe ont des dimensions un peu différentes : le *Benbow*, le *Camperdown*, l'*Anson* ont 100^m,60 de longueur, 20^m,90 de largeur et 8^m,50 de tirant d'eau moyen, leur déplacement est de 10600 tonnes; le *Rodney* et l'*Howe* ont même longueur et même largeur que le *Collingwood*, mais avec un tirant d'eau moyen de 8^m,30 qui porte leur déplacement à 10300 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond; cloisonnement transversal et longitudinal.

Protection. — Ceinture blindée de 457 millimètres à 177 millimètres en métal compound, sur 42^m,67 de longueur et traverses de 406 millimètres. La ceinture descend à 1^m,52 au-dessous de la flottaison du projet et s'élève à 0^m,76 seulement au-dessus.

Pont blindé à 76 millimètres, très légèrement incurvé, au niveau du can supérieur de la ceinture.

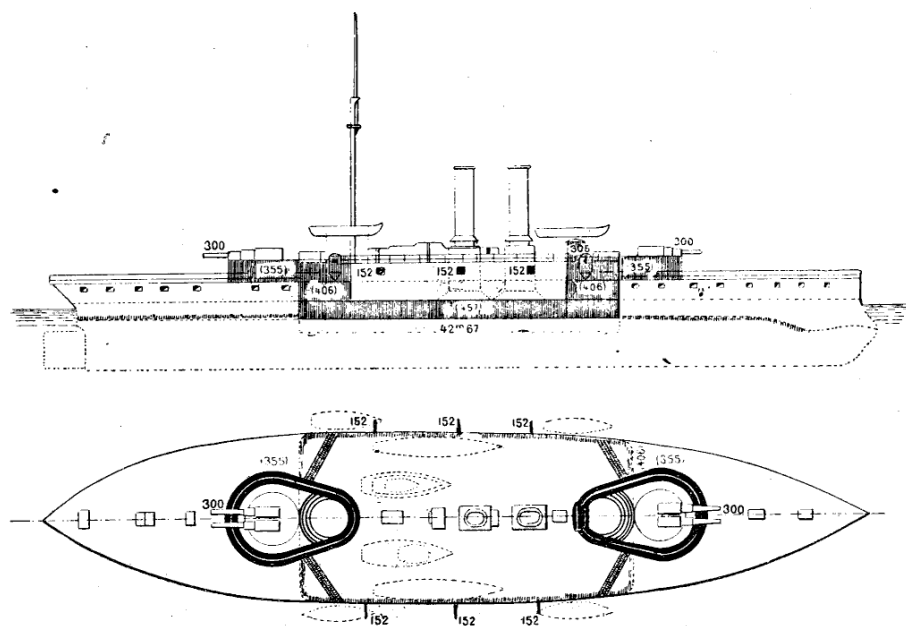


Fig. 20. — Collingwood, cuirassé.

En dehors de ce caisson central, pont sous-marin blindé à 69 millimètres partant du can inférieur de la ceinture et s'étendant jusqu'aux extrémités.

Deux tourelles barbettes dans l'axe, espacées de 43 mètres, blindées à 355 millimètres. Un entrepont non blindé, traversé par les tubes à munitions (blindés à 305 millimètres), sépare les tourelles du réduit cuirassé central; des traverses obliques, établies en arrière des tourelles et blindées à 152, protègent toutefois la batterie centrale de 150.

Blockhaus situé derrière la tourelle avant, blindé à 305 vers l'avant et 229 vers l'arrière.

Machines. — Deux machines compound à pilon avec trois cylindres. Douze chaudières avec 36 foyers. La puissance est, au tirage naturel, de 7000 che-

vaux, donnant 15 nœuds et, au tirage forcé, de 9 500 chevaux, donnant 16ⁿ,5 (1).

L'approvisionnement de charbon est de 900 tonnes, mais peut être porté à 1 200.

Armement. — L'armement du *Collingwood* comporte :

4 canons de 305 millimètres, par paires, dans chacune des deux barbettes, avec commandement de 6^m,70;

6 canons de 152, à tir rapide, dans la batterie centrale, tirant par le travers;

12 canons de 57 millimètres à tir rapide;

8 canons de 47 millimètres à tir rapide;

6 mitrailleuses.

Sur l'*Anson*, le *Camperdown*, le *Howe* et le *Rodney*, les canons de 300 sont

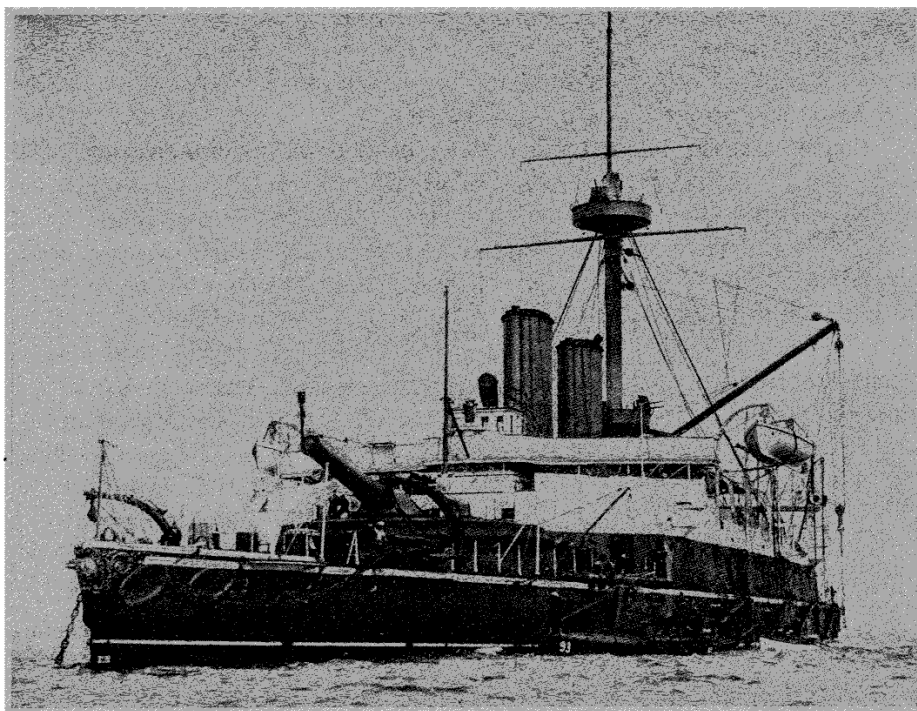


Fig. 21. — *Benbow*, cuirassé.

remplacés par des canons de 343; sur le *Benbow*, il n'y a dans chaque tourelle qu'un canon de 413 millimètres de 110 tonnes.

Le nombre des canons de 152 est porté à 10 sur le *Benbow*; ce cuirassé n'a

(1) Pour les autres navires de la classe, la puissance atteint 11 500 chevaux et la vitesse 16ⁿ,9.

que 8 canons de 57 millimètres, mais il dispose de 10 canons de 47 millimètres au lieu de 8.

Il y a 4 tubes lance-torpilles, sauf sur le *Benbow*, l'*Anson* et le *Howe*, qui en ont 5.

L'équipage est de 480 hommes pour le *Collingwood* et de 515 pour les autres.

SANS-PAREIL

Cuirassé à tourelle fermée (1887).

Le *Sans-Pareil*, construit à Blackwall, a été achevé en 1889.

Dimensions :

Longueur.	103 ^m ,60
Largeur	21 ^m ,33
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,30
Déplacement	10 470 tonnes.

Avant bas, arrière haut; bâtiment peu marin.

Coque en acier; double fond; deux quilles latérales; cloisonnement trans-

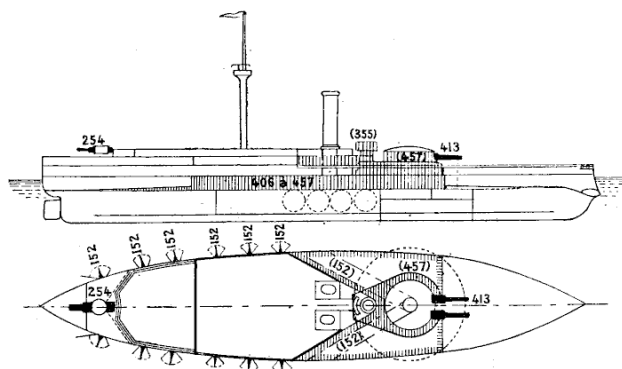


Fig. 22. — *Sans-Pareil*, cuirassé.

versal et longitudinal; 170 compartiments. Un mât de signaux; deux cheminées, dans le même plan transversal au milieu.

Protection. — Ceinture blindée de 457 à 406 millimètres sur 49 mètres de longueur; elle descend jusqu'à 1^m,83 au-dessous de la flottaison et s'élève à 0^m,76 au-dessus, sauf au droit de la tourelle où elle monte jusqu'à 3^m,35, formant réduit.

Tourelle unique vers l'avant, blindée à 457 millimètres, établie sur un réduit en forme de poire enfermé lui-même dans un réduit rectangulaire central de 49 mètres de long, formé par la ceinture et par des traverses normales à l'axe, de 406 millimètres d'épaisseur.

Blockhaus derrière la tourelle, blindé à 355.

En arrière de la tourelle, deux cloisons obliques, blindées à 152, protègent la batterie.

Pont sous-marin de 76 millimètres à l'avant et à l'arrière, en dehors du réduit central, au niveau du can inférieur de la ceinture et s'enfonçant à l'avant jusqu'à 3^m,05.

Au-dessus du réduit, pont blindé à 76 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion développant 8 000 chevaux au tirage naturel et 14 000 chevaux au tirage forcé.

Les diamètres des cylindres sont : 1^m,092, 1^m,575, 2^m,438, avec course commune de 1^m,295.

Huit chaudières à double façade et 4 foyers; vapeur à 7^{kg},5; quatre chambres de chauffe.

Les essais faits en septembre 1888 ont donné : au tirage naturel, 87 tours, 8 039 chevaux et 16 nœuds; au tirage forcé : 10 076 tours, 14 482 chevaux et 17ⁿ,75.

Approvisionnement de 1 200 tonnes de charbon.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons culasse de 413 millimètres (110 tonnes), accouplés dans la tourelle, tirant un coup toutes les 4 minutes, avec champ de tir de 300°;

1 canon culasse de 254, en barbette sur affût à pivot central, à l'arrière du pont de la superstructure, tirant en retraite et par le travers, protégé par un masque blindé à 240 millimètres; champ de tir 300°;

12 canons de 152, dans la batterie du pont supérieur, tirant par le travers; les deux dernières pièces à l'arrière peuvent tirer droit en retraite par deux sabords d'angle;

12 canons de 57 millimètres à tir rapide;

12 canons de 47 millimètres, à tir rapide;

8 mitrailleuses;

6 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

630 hommes d'équipage.

NILE

Cuirassé à tourelles fermées (1888).

Le *Nile*, mis en chantier à Pembroke le 8 avril 1886 et lancé le 27 mars 1888, a été construit, ainsi que le navire similaire *Trafalgar*, sur les plans de l'Amirauté anglaise. Il comporte deux tourelles mobiles fermées situées dans l'axe. L'avant et l'arrière sont de niveau avec 3^m,43 seulement de franc-bord.

Une superstructure octogonale occupe le centre. Un mât militaire; deux cheminées.

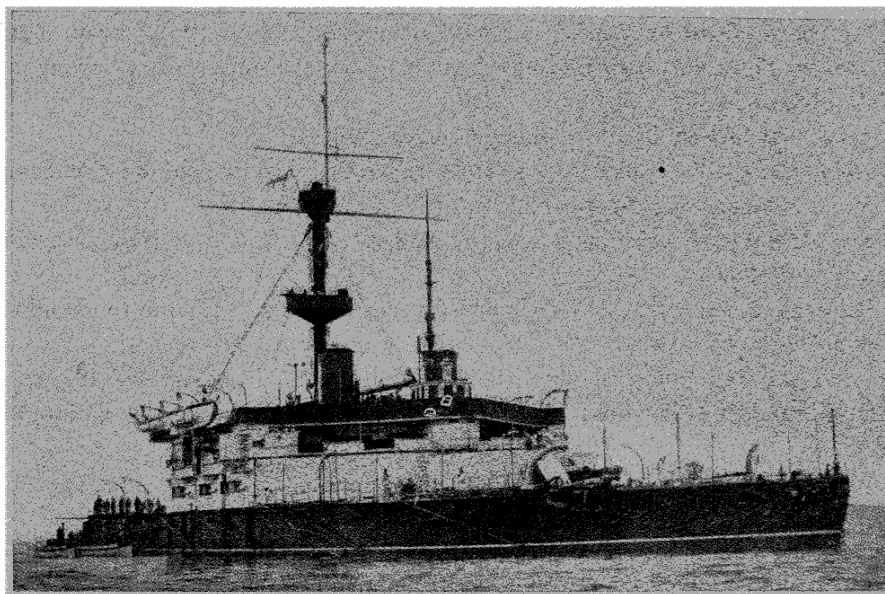


Fig. 23. — *Trafalgar*, cuirassé.

Le *Trafalgar*, mis en chantier le 18 janvier 1886, a été lancé le 20 septembre 1887.

Dimensions :

Longueur.	103 ^m ,46
Largeur.	22 ^m ,25
Tirant d'eau moyen	8 ^m ,38
Déplacement	11 940 tonnes.

Coque acier, double fond; cloisonnement transversal et longitudinal. L'avant et l'arrière sont droits.

Protection. — Ceinture partielle en fer et acier sur 70 mètres de long, formant avec les cloisons transversales avant et arrière un caisson blindé couvert par un pont blindé à 76 millimètres. La ceinture a une épaisseur variable de 508 à 203 millimètres; elle va en diminuant vers les extrémités et s'amincit également dans la partie au-dessous de la flottaison. L'épaisseur du blindage des traverses est de 360 millimètres.

Au-dessus de la ceinture, blindage de 457 à 406 millimètres et traverses paraboliques formant un caisson supérieur un peu moins long que le caisson inférieur (de 60 mètres environ dans l'axe) et aux extrémités duquel se trouvent, en

avant et en arrière, une tourelle blindée à 457 millimètres, protégée à la base par la cloison parabolique. Un second pont cuirassé à 76 millimètres ferme le caisson supérieur.

A l'avant et à l'arrière, il existe, enfin, un pont cuirassé sous-marin qui part du can inférieur de la traverse de la citadelle inférieure et aboutit à l'arrière à l'étambot, à l'avant à la pointe de l'éperon.

La batterie centrale est protégée contre les coups d'enfilade par des traverses à l'avant et à l'arrière; ces traverses sont formées en plan d'une partie centrale

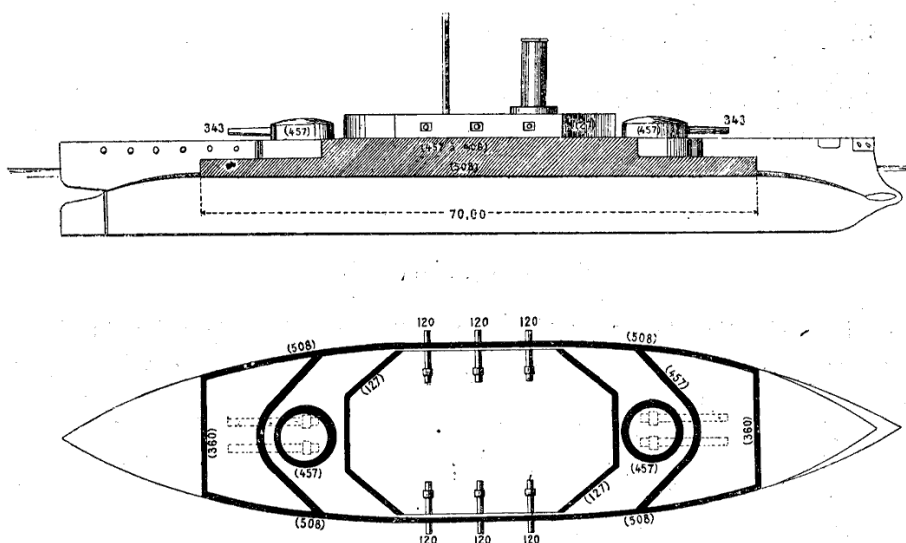


Fig. 24. — *Trafalgar*, cuirassé.

perpendiculaire à l'axe, reliée aux murailles par des parties obliques: elles ont 127 d'épaisseur.

Tous les blindages sont du système compound et s'appuient sur un matelas de teck d'épaisseur variable (500 millimètres en moyenne).

Le poids total des blindages est de 4 466 tonnes.

Machines. — Deux machines à triple expansion; diamètre des cylindres; H P 1^m,092, M P 1^m,575, B P 2^m,438; course des pistons, 1^m,295. Deux hélices à quatre branches de 5^m,03 de diamètre et 6^m,48 de pas.

Six chaudières cylindriques à simple façade, de 4^m,88 de diamètre et 3^m,13 de longueur, en acier Siemens, avec 24 foyers. La surface de grille est de 56^m²,11 et la surface de chauffe de 1 583 mètres carrés.

Approvisionnement de charbon: 900 tonnes, pouvant être portées à 1 200 tonnes.

Aux essais, au tirage naturel, la puissance moyenne a été de 9 074 chevaux; au tirage forcé, avec une pression moyenne de 46 millimètres dans les chambres de chauffe, elle a atteint 12 102 chevaux avec 93 tours et demi et une vitesse de propulsion de 17 nœuds.

Armement. — 4 canons de 343 millimètres, par paires, dans les deux tourelles, avec 4^m,57 de commandement et 280° de champ de tir;

6 canons de 120 millimètres à tir rapide dans la batterie de la superstructure (3 de chaque bord), avec champ de tir de 120°;

8 canons de 57 millimètres, à tir rapide;

12 canons de 47 millimètres, à tir rapide;

7 mitrailleuses;

6 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

520 hommes d'équipage.

ROYAL SOVEREIGN

Cuirassé d'escadre (1891).

Mis en chantier, le 1^{er} octobre 1889, à Portsmouth, à la suite du *Naval Defence Act* de 1889, qui comportait la construction, avant le 1^{er} avril 1894, de 70 navires, savoir :

7 cuirassés à tourelles barbettes (classe *Royal Sovereign*);

1 cuirassé à tourelles fermées (*Hood*);

2 cuirassés de 2^e classe;

9 croiseurs protégés de 1^{re} classe (type *Edgar*);

33 croiseurs protégés de 2^e classe (type *Apollo*);

et 18 canonnières torpilleurs.

Le *Royal Sovereign*, lancé le 26 février 1891, soit après moins de dix-sept mois, fut achevé en 1892.

Les autres navires de la même classe sont :

Empress of India, lancé en 1891 à Pembroke, achevé en 1893;

Ramilies, lancé à Glasgow en 1892, achevé en 1893;

Repulse, lancé à Pembroke en 1892, achevé en 1894;

Resolution, lancé à Yarrow en 1892, achevé en 1893;

Revenge, lancé à Yarrow en 1892, achevé en 1895;

Royal-Oak, lancé à Birkenhead en 1892, achevé en 1894.

Ces navires ont une hauteur de franc-bord de 5^m,49 à l'arrière et de 5^m,94 à l'avant.

Ils comportent deux mâts militaires et deux cheminées placées sur un même plan transversal.

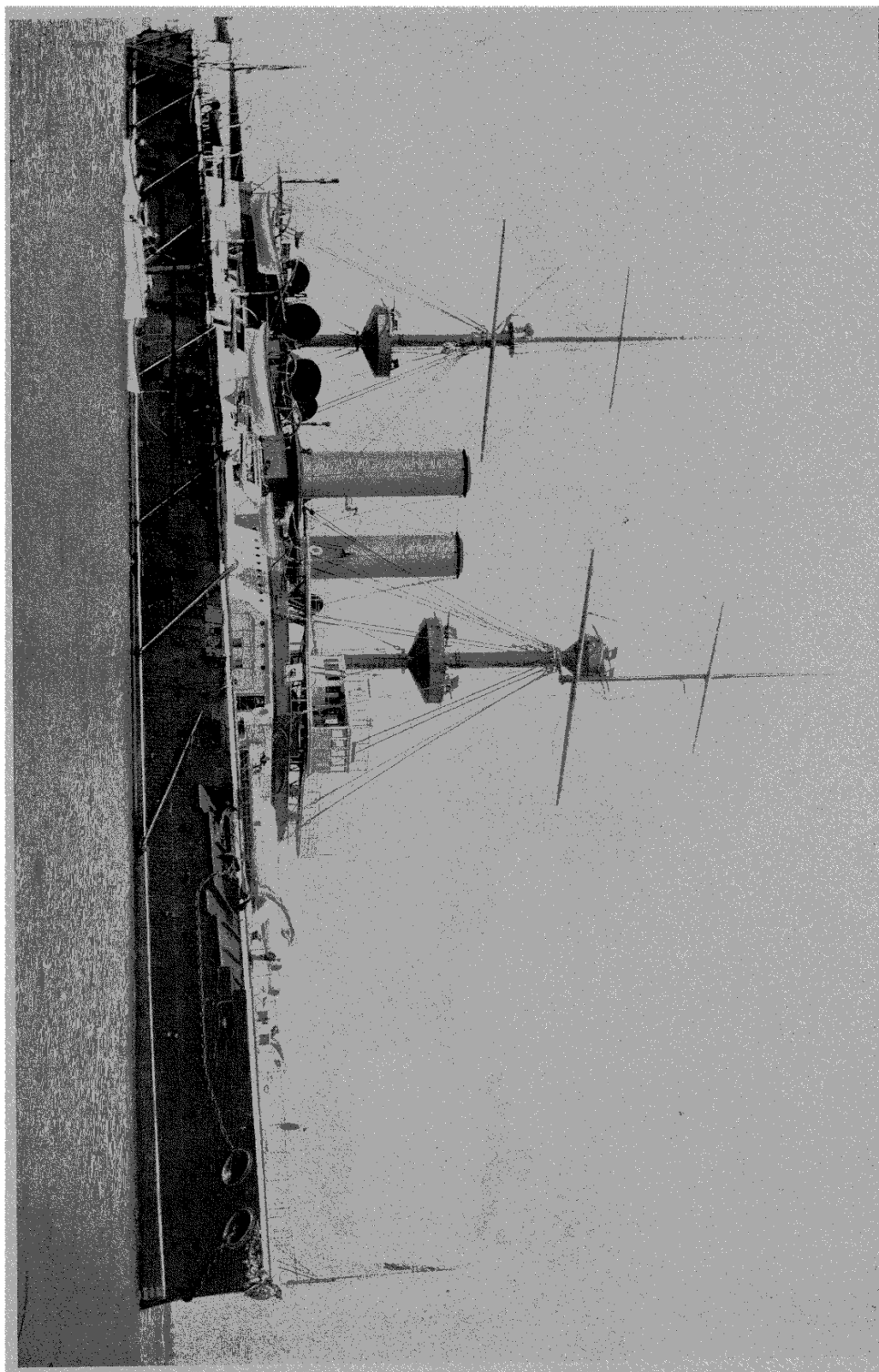


Fig. 25. — *Royal Sovereign*, cuirassé.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur.	113 ^m ,82
Largeur	22 ^m ,86
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,38
Déplacement	14 370 tonnes.
Hauteur métacentrique au tirant d'eau de 8,38.	1 ^m ,67

Les poids se décomposent ainsi :

Coque.	4 825 tonnes.
Cuirassement	4 622 —
Armement.	1 473 —
Appareil moteur.	1 787 —
Charbon.	900 —
Équipement et « Board Margin » (1).	3 767 —
ENSEMBLE.	14 374 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond. Ces bâtiments roulaient beaucoup, sans doute à cause de leur grande hauteur métacentrique; ils ont été pourvus de quilles à roulis de 1^m,20 de hauteur. Compartiments étanches.

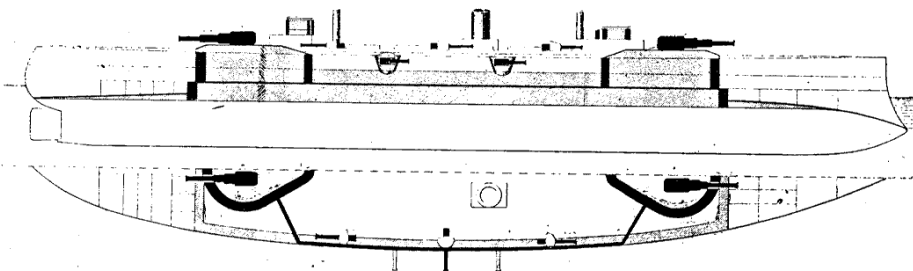


Fig. 26. — *Royal Sovereign*. Schéma.

Protection. — Ceinture en acier durci, sur matelas de teck, descendant à 1^m,67 au-dessous de la ligne de flottaison à charge, tandis que le can supérieur se trouve à 0^m,91 au-dessus de cette ligne. La plus grande épaisseur est de 457 millimètres; cette épaisseur descend à 356 millimètres aux extrémités.

La ceinture ne s'étend que sur les deux tiers de la longueur totale; ses extrémités à l'avant et à l'arrière sont reliées par des traverses de même hauteur et de 406 millimètres d'épaisseur, venant rejoindre les tourelles et former un caisson central fermé par un pont blindé à 76 millimètres, horizontal, au niveau du can supérieur de la ceinture.

(1) Le « board margin » est une réserve d'environ 4 p. 100 imposée par l'Amirauté dans les devis de déplacement pour permettre les modifications en cours d'exécution sans augmentation du tirant d'eau prévu. Si cette réserve qui, pour les grands cuirassés dépasse 500 tonnes, n'est pas utilisée, elle est employée pour augmenter l'approvisionnement de charbon.

Au-dessus de ce caisson, les flancs sont protégés par un blindage léger de 127 millimètres s'élevant de 2 mètres au-dessus de la ceinture et relié aux barbettes par des traverses obliques de même épaisseur.

En dehors du caisson, pont sous-marin à l'avant et à l'arrière allant en s'amincissant jusqu'aux extrémités.

Les tourelles barbettes, à l'avant et à l'arrière, sont protégées à 432 millimètres, elles partent du pont blindé et montent jusqu'à quelques centimètres au-dessus du pont supérieur. Ces barbettes sont de dimensions considérables, de ce fait que les murailles de la partie supérieure se prolongent sans retrait, jusqu'au pont blindé; vues en plan, elles affectent une forme de poire, la queue de la poire étant tournée vers le centre du bâtiment. Cette disposition est caractéristique de la position de chargement unique.

Une plaque tournante, placée à l'intérieur de la tourelle, porte les canons et permet leur déplacement horizontal. La partie supérieure de cette plaque n'est protégée que par une forte tôle d'acier dans laquelle sont pratiquées des ouvertures pour permettre le déplacement des canons dans le sens vertical. La manœuvre est hydraulique.

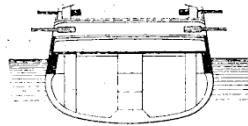


Fig. 27. — *Royal Sovereign*, Coupe transversale.

Quand on veut charger la pièce, on abaisse la culasse dans une ouverture pratiquée à cet effet dans la plaque tournante et le chargement s'effectue ainsi à l'abri du blindage. Quand le canon est chargé et la culasse fermée, on abaisse la bouche et le canon revient au-dessus de la cuirasse dans la position de tir. Dans cette position, il est exposé dans toute sa longueur aux coups de l'ennemi.

Blockhaus blindé à 400 millimètres à l'avant. Second blockhaus blindé à 76 millimètres, à l'arrière.

Les extrémités non cuirassées sont divisées en un grand nombre de compartiments étanches.

Deux soutes, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, reliées par un passage central unique.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion, construites par MM. Humphrys, Tennant et Co, d'une puissance totale de 9 430 chevaux au tirage naturel et de 11 500 chevaux au tirage forcé à 103 tours, devant donner une vitesse de 16 et 17 nœuds et demi. Deux hélices. Les diamètres respectifs des cylindres sont : 1^m,016, 1^m,499 et 2^m,225 avec course des pistons de 1^m,295.

Huit chaudières cylindriques avec 32 foyers; surface de chauffe de 1 898^m²,7 et surface de grille de 67^m²,90. Le poids des machines est de 1 182 tonnes et celui des chaudières de 605 tonnes.

Approvisionnement de 900 tonnes pouvant être porté à 1 450 tonnes.

Aux essais de 8 heures, la puissance moyenne a été de 9 667 chevaux indi-

qués avec 9^{mm},9 de pression dans les cendriers et 97 tours par minute. La moyenne sur le mille mesuré pour quatre courses à Stokes Bay a été de 16ⁿ,77, avec 9 780 chevaux et 99 tours. Sur cette base, la vitesse moyenne pour les 8 heures a été de 16ⁿ,43.

Aux essais au tirage forcé, en eau profonde, dans la Manche, aller et retour, le *Royal Sovereign* a donné 18 nœuds (essai de 3 heures) avec 106,3 tours et 13 360 chevaux, la pression dans les cendriers étant de 40 millimètres.

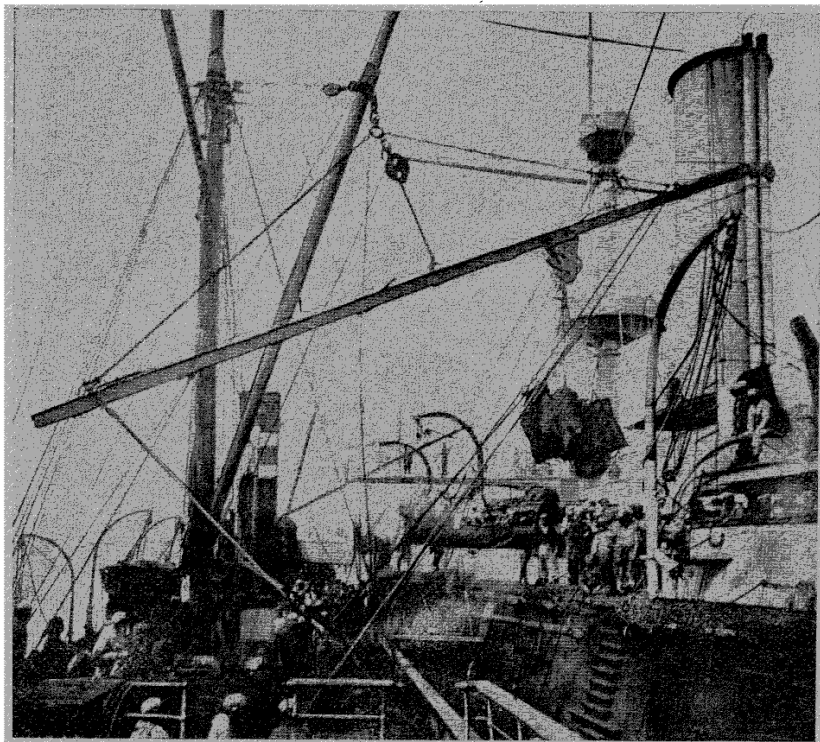


Fig. 28. — Le *Royal Sovereign* faisant du charbon.

Au tirage naturel (essais de 8 heures), on a obtenu de 9180 à 9600 chevaux.

Les essais ont été faits au tirant d'eau de 8^m,38.

Un voyage de Plymouth à Gibraltar a été accompli en 72 heures par un beau temps sauf pendant les 4 dernières heures marquées par un vent debout et une mer un peu forte. La vitesse moyenne a été de 15 nœuds avec une puissance moyenne de 8130 chevaux. Le navire était parti avec un tirant d'eau de 8^m,68,

soit un déplacement de 15 138 tonnes; sa consommation de charbon a été de 500 tonnes, soit une moyenne de 835 grammes par cheval-heure.

Des essais faits pour se rendre compte du mode de propulsion la plus économique à très petite vitesse ont montré qu'il était préférable, même à des vitesses de 5 nœuds et demi à 6 nœuds et demi, de maintenir les deux machines

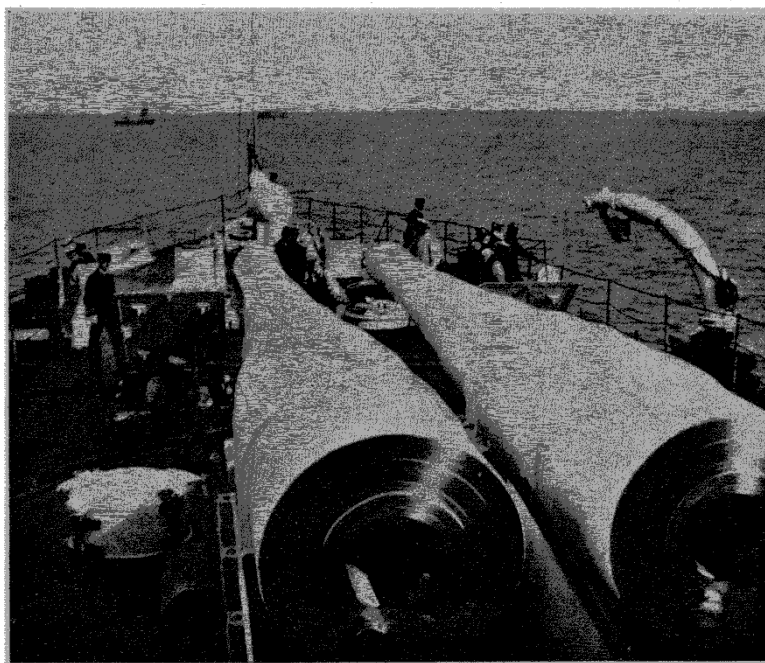


Fig. 29. — Les gros canons du *Royal Sovereign*.

en marche, plutôt que de n'utiliser qu'une seule machine, en se servant du gouvernail pour maintenir la direction (1).

Armement. — L'artillerie comprend :

4 canons de 343 millimètres, montés par paires dans les tourelles barbettes, avec commandement de 7 mètres et champ de tir de 240 à 260° au-dessus des extrémités qui forment de simples glacis; l'intervalle entre les coups peut être réduit à 2 minutes;

10 canons de 152 millimètres à tir rapide, dont 4 en casemates blindées à 152 sur le pont principal et 6 sur le pont supérieur avec masques; deux de ces

(1) *The qualities and performances of recent first class battleships.* Mémoire présenté à l'Institution of Naval Architects (1894).

canons peuvent tirer en chasse et deux autres en retraite; les deux derniers tirent par le travers avec un champ de tir de 120°.

Tous ces canons sont montés de manière à rester indépendants, à ne pas se gêner et à n'être pas gênés par le tir des grosses pièces.

16 canons de 57 millimètres, à tir rapide;

12 canons de 47 millimètres, à tir rapide;

8 mitrailleuses;

7 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

Équipage, 730 hommes.

CENTURION

Cuirassé de 1^{re} classe à tourelles barbettes (1892).

Dessiné, ainsi que le navire similaire *Barfleur*, par M. White; entamé le 30 mars 1891 à Portsmouth, lancé le 3 août 1892, achevé en 1893.

Le *Barfleur* a été mis en chantier en septembre 1890 à Chatham et achevé en 1894.

Ces deux navires sont en somme de petits *Royal Sovereign*.

Deux mâts avec hunes militaires; deux cheminées au centre du navire, dans un même plan transversal.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires. . .	109 ^m ,75
Largeur	21 ^m ,30
Tirant d'eau moyen.	7 ^m ,73
Déplacement.	10 500 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond sous la partie occupée par les machines et chaudières. Doublage bois et cuivre; quilles latérales sur le *Centurion*.

Protection. — Ceinture formée de plaques d'acier de 305 millimètres d'épaisseur et 2^m,25 de hauteur, dont 0^m,75 au-dessus de la flottaison. Cette ceinture ne règne que sur les deux tiers environ du navire; à l'avant et à l'arrière. les extrémités sont reliées par des traverses blindées à 200 millimètres.

Pont blindé, horizontal en acier nickel de 70 millimètres au niveau du can supérieur de la cuirasse de ceinture partielle et des traverses.

A l'avant et à l'arrière, ponts sous-marins de 50 millimètres.

Deux tourelles barbettes circulaires aux extrémités de la ceinture, sur le pont supérieur avec blindage à 225 millimètres.

Entre les tourelles, au-dessus de la ceinture, blindage de 102 montant jusqu'à la base des casemates des canons de 120.

Machines. — Deux machines à triple expansion donnant ensemble 13 200 chevaux et 18ⁿ,5 au tirage forcé, 9 000 chevaux et 17 nœuds au tirage naturel.

Approvisionnement de charbon 750 tonnes, pouvant être porté à 1 200 tonnes.

Armement. — 4 canons de 250 millimètres, par paires, dans les tourelles, avec commandement de 7^m,60 à l'avant, un peu moins à l'arrière, et champ de tir de 240°;

10 canons de 120, à tir rapide, dont 4 en casemates cuirassées, et 6 sur le pont supérieur avec masques;

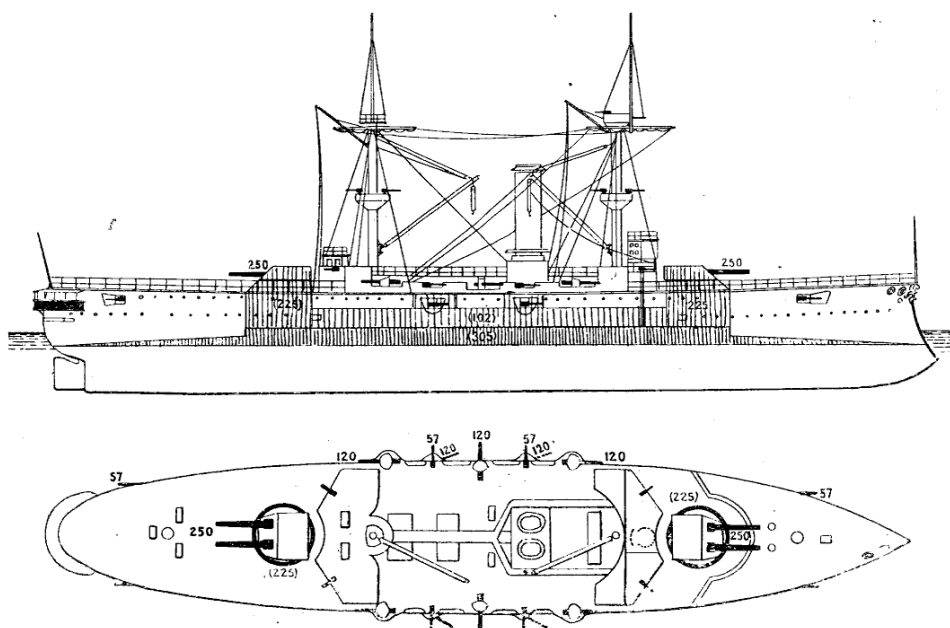


Fig. 30. — *Centurion*, cuirassé.

8 canons de 57 millimètres, à tir rapide;

12 canons de 47 millimètres, à tir rapide;

7 mitrailleuses;

Il y a 7 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins;

620 hommes d'équipage.

HOOD

Cuirassé à tourelles fermées (1893).

Construit à la suite du *Naval Defence Act* de 1889.

Dimensions. — Les dimensions sont celles de la classe *Royal Sovereign* :

Longueur	116 mètres.
Largeur	22 ^m ,90
Tirant d'eau	8 ^m ,40
Déplacement	14 362 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond, quilles latérales; compartiments étanches. Deux mâts militaires; deux cheminées vers le centre dans un même plan transversal.

Protection. — Ceinture cuirassée sur les deux tiers de la longueur, avec traverses de 457 millimètres à 356 millimètres d'épaisseur; hauteur de la ceinture 2^m,60 dont 0^m,90 au-dessus de la flottaison.

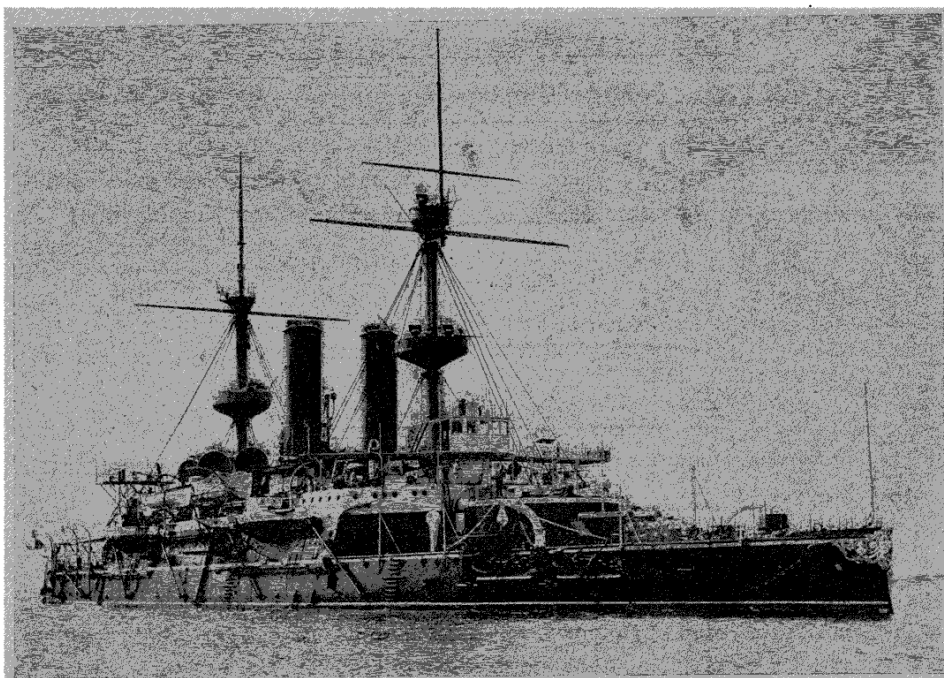


Fig. 34. — Hood, cuirassé.

Pont blindé à 76 millimètres à la hauteur du can supérieur de la ceinture; ponts sous-marins aux extrémités.

Deux tourelles fermées blindées à 450 millimètres aux parties fixes, à 425 millimètres aux parties mobiles. Les bases de ces tourelles ont la forme de poire, caractéristique du chargement à position unique.

La partie mobile est portée par une plaque tournante logée dans la partie fixe; les canons sont protégés par la cuirasse sur la moitié à peu près de leur longueur.

Entre les tourelles, sur 52 mètres de long, blindage de 127 millimètres, s'élevant à 2^m,90 au-dessus de la flottaison, et complété à ses extrémités par des traverses obliques venant buter contre la partie fixe des tourelles.

Blockhaus blindé à 400 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion avec cylindres de 1 mètre, 1^m,47 et 2^m,20 de diamètre et course de 1^m,30. Huit chaudières cylindriques à quatre foyers chacune, de 4^m,50 de diamètre et 3 mètres de long.

Aux essais, on a obtenu 11 445 chevaux et 17 nœuds au tirage forcé; au tirage naturel, la vitesse tomberait à 15ⁿ,75 avec 9 500 chevaux et 95 tours

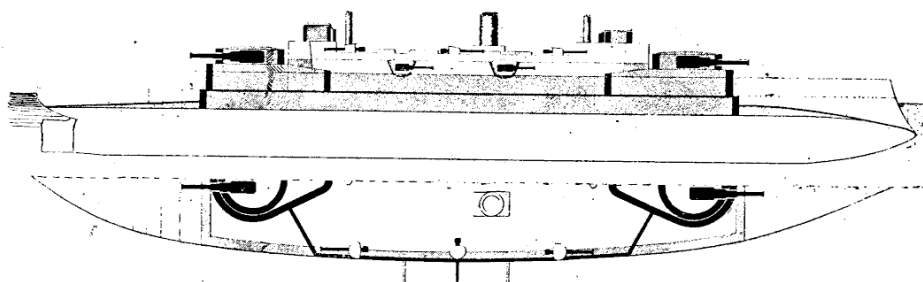


Fig. 32. — Hood.

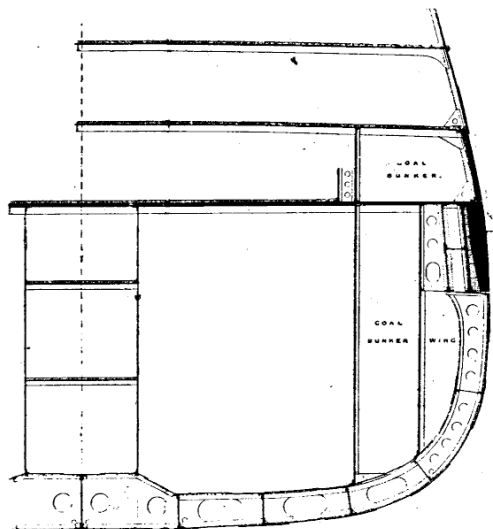


Fig. 33. — Hood, cuirassé. Coupe transversale.

L'approvisionnement de charbon, de 900 tonnes normalement, pourrait être doublé.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 342 millimètres (67 tonnes), par paires dans les tourelles fermées avec commandement de 5^m,18;

10 canons de 152 à tir rapide, 4 dans la batterie centrale, en casemates cui-

rassées et 6, avec pivot central, sur le pont, protégés par des masques de 60 millimètres;

10 canons de 57 millimètres;

12 canons de 47 millimètres;

8 mitrailleuses;

Il y a 7 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins;

Équipage de 630 hommes.

RENOWN

Cuirassé à tourelles barbottes (1895).

Mis en chantier en février 1893 à Pembroke, lancé en mai 1895. Type intermédiaire entre le *Barfleur* et le *Majestic*.

Deux mâts militaires et deux cheminées côte à côte vers le centre du navire. Franc-bord élevé.

Dimensions :

Longueur	115 ^m ,82
Largeur	21 ^m ,95
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,14
Déplacement.	12 350 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond; doublage bois et cuivre.

Protection. — Ceinture en acier harveyé de 203 millimètres en bas et 152 millimètres en haut, sur 3^m,85 de hauteur, limitée aux extrémités par des traverses cuirassées de 254 millimètres et 152 millimètres venant rejoindre la base des tourelles en se confondant avec elles de manière à former un flotteur central blindé comme sur le *Majestic*, flotteur dont le fond est constitué par un pont en forme de trapèze, blindé à 50 millimètres dans la partie horizontale et à 76 millimètres sur les pentes qui viennent aboutir au can inférieur de la cuirasse.

En dehors du flotteur central, pont sous-marin blindé à 50 millimètres, régnant jusqu'aux extrémités, au niveau du can inférieur de la ceinture cuirassée.

Deux tourelles barbottes, blindées à 254 millimètres d'acier harveyé. Un capuchon, blindé à 150 millimètres en acier harveyé, protège les pièces.

Deux blockhaus, l'un à l'avant, protégé à 305 millimètres, l'autre à l'arrière, protégé à 76 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion et huit chaudières comme pour la classe *Majestic*.

Approvisionnement normal de charbon de 900 tonnes, pouvant être porté à 1 800 tonnes.

Aux essais :

Tirage naturel (8 heures), 97,8 tours, 10 741 chevaux indiqués, 17ⁿ,9;

Tirage forcé (4 heures), 104 tours, 12 974 chevaux, 18ⁿ,75, la pression de l'air étant de 18 mm.

Aux essais de 30 heures de consommation, avec enfoncement moyen de 8^m,14 et vitesse de 15ⁿ,3, la consommation de charbon a été de 852 grammes par cheval et par heure pour 6 204 chevaux et 86,8 tours.

Le poids des machines est de 1 373 tonnes et celui des chaudières de 738.

Armement. — 4 canons de 254 millimètres, par paires dans les deux tourelles, Ces canons peuvent être chargés dans toutes les positions de la plaque tournante; ils peuvent être mus, soit à bras, soit électriquement. Commandement de 8^m,20;

10 canons de 152 millimètres à tir rapide, sur les flancs, en casemates, sur deux étages;

14 canons de 76 mm., à tir rapide, sur le pont supérieur et dans les hunes;

12 canons de 47 mm. à tir rapide;

7 mitrailleuses;

5 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

674 hommes d'équipage.

MAJESTIC

Croiseur d'escadre à tourelles barbettes recouvertes (1895).

Construit à Portsmouth, sur les projets de M. White; entamé le 4 février 1894 et lancé le 31 janvier 1895, soit après moins d'un an. Les autres navires de la même classe sont :

Le *Magnificent*, en chantier à Portsmouth le 18 décembre 1893, lancé le 19 décembre 1894;

Prince George, en chantier à Portsmouth le 10 septembre 1894, lancé en août 1895;

Victorious, en chantier à Chatham le 28 mai 1894, lancé le 19 octobre 1895;

Jupiter, en chantier à Glasgow le 26 avril 1894, lancé le 18 décembre 1895;

Mars, en chantier à Birkenhead le 2 juin 1894, lancé le 31 mars 1896;

Hannibal, en chantier à Pembroke, le 1^{er} mai 1894, lancé le 28 avril 1896;

Cæsar, en chantier à Portsmouth en 1893, lancé en 1897;

Illustrious, en chantier à Chatham en 1895, lancé en 1897.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires. . .	118 ^m ,87
— totale.	131 mètres.
Largeur	22 ^m ,86
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,38
Déplacement.	15 140 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond sur les trois quarts de la

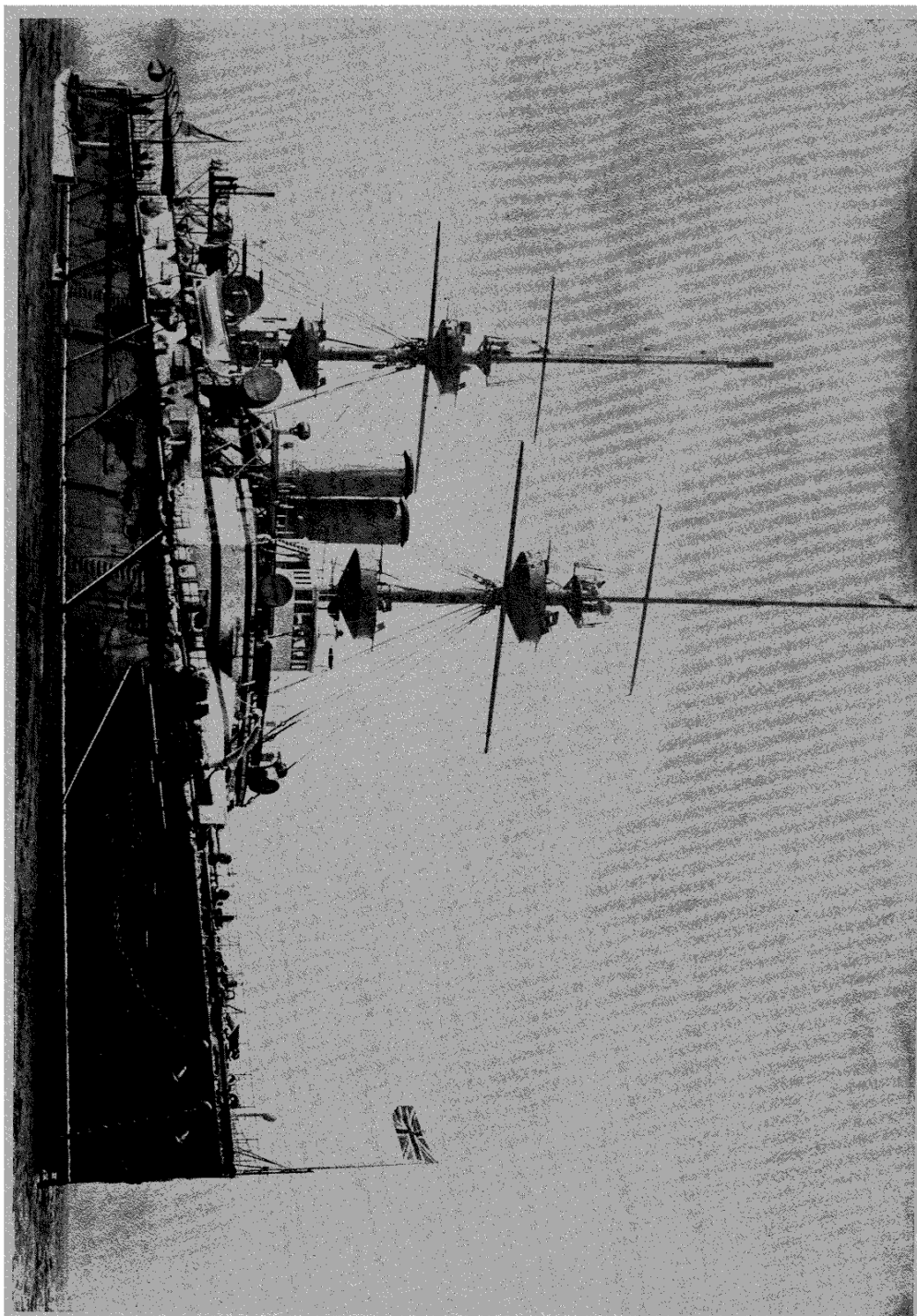


Fig. 34. — *Majestic*, cuirassé.

longueur, jusqu'au pont cuirassé; compartiments étanches; quilles latérales de 60 mètres de long et 0^m,91 de haut; cale renflée.

La hauteur du franc-bord est de 7 mètres à l'avant, 5^m,40 au milieu et 5^m,15 à l'arrière; la passerelle la plus élevée est à 23 mètres au-dessus de la quille. L'éperon fait saillie de 4^m,50 et se trouve à 4^m,80 sous l'eau.

On compte 180 compartiments, en dehors des 48 du double fond.

Deux mâts militaires avec chacun deux hunes armées de canons de 47 mm. à tir rapide. Deux cheminées entre les mâts.

Le poids total de la coque est de 5 950 tonnes.

Protection. — Ceinture partielle sur les deux tiers de la longueur au milieu, en

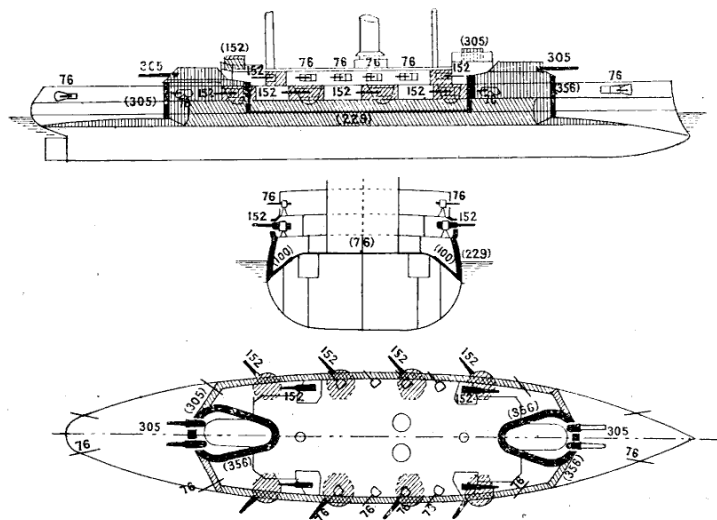


Fig. 35. — *Majestic*, cuirassé.

acier harveyé, de 4^m,85 de haut et 229 millimètres d'épaisseur, reposant sur un matelas de teck de 117 millimètres. La ceinture s'élève à 3^m,05 au-dessus de l'eau et descend à 1^m,83 au-dessous. Des cloisons transversales de 305 millimètres à l'arrière et 356 millimètres à l'avant, joignent les extrémités de la ceinture aux tourelles principales et forment une sorte de flotteur blindé au centre du navire.

Les barbettes, en forme de poire, installées à l'avant et à l'arrière, au-dessus du réduit, sont blindées à 356 millimètres d'acier harveyé, sauf au-dessous du can supérieur de la ceinture, où l'épaisseur est réduite à 125 millimètres. Les murailles des redoutes émergent du pont supérieur; elles sont recouvertes d'une carapace blindée mobile avec la tourelle.

Il y a deux postes de commandement, l'un à l'avant, blindé à 305 millimètres, l'autre à l'arrière, blindé à 152 millimètres.

Douze casemates cuirassées, réparties par moitié sur les deux côtés dans la partie centrale du navire, en deux étages, l'un de quatre casemates s'appuyant sur la ceinture cuirassée, l'autre de deux casemates s'appuyant aux extrémités et au niveau de la batterie de pièces de 76. Ces casemates sont protégées à 152 millimètres pour les faces tournées vers l'extérieur et à 52 millimètres pour les autres.

Dans la partie centrale, un pont cuirassé régnant sur 67 mètres de longueur au niveau du can inférieur de la ceinture, en forme de trapèze, protège machines et chaudières; épaisseur de 100 millimètres aux pentes et 76 millimètres au milieu. La partie horizontale de ce pont se trouve à 0^m,91 au-dessus de la flottaison, les pentes viennent rejoindre le can inférieur de la ceinture au niveau du pont inférieur, soit à 1^m,83 au-dessous de la flottaison. La partie triangulaire comprise entre le prolongement du pont horizontal, le pont blindé incliné et la muraille, est remplie de matières obturantes ou de charbon.

Au delà du pont cuirassé, à l'avant et à l'arrière, ponts sous-marins blindés à 63 millimètres et presque horizontaux.

Les extrémités non blindées sont protégées par un compartimentage très développé s'élevant depuis le pont cuirassé jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de la flottaison.

Deux soutes, l'une à l'avant l'autre à l'arrière, reliées par deux corridors latéraux situés sous le pont blindé; la muraille extérieure de chacun de ces passages se trouve sensiblement à l'aplomb de la brisure du pont blindé. Cette disposition se retrouve sur les nouveaux cuirassés anglais et japonais ainsi que sur les croiseurs des classes *Powerful*, *Diadem* et sur tous les nouveaux croiseurs blindés.

Poids du cuirassement, 4 400 tonnes.

Machines. — Deux machines verticales indépendantes, à triple expansion, et à trois cylindres verticaux, actionnant chacune une hélice.

Les diamètres respectifs des cylindres sont : 1^m,016, 1^m,499 et 2^m,235, avec course des pistons de 1^m,295.

L'arbre du propulseur est creux, en acier forgé de 375 millimètres de diamètre à l'intérieur du navire et 402 à l'extérieur. Les hélices, en métal à canon, à quatre branches, ont 5^m,20 de diamètre et 6 mètres de pas.

Les condenseurs de surface sont entièrement en cuivre jaune avec une surface refroidissante de 1254 m. carrés; l'eau de circulation est fournie par quatre pompes centrifuges de 254 millimètres de diamètre. Un évaporateur Weir et un distilleur de Kirkaldy sont affectés à chaque machine; ils fournissent ensemble 810 litres d'eau douce par heure, tandis que quatre évaporateurs peuvent fournir 1800 litres par heure aux condenseurs auxiliaires.

Les machines, exécutées par MM. John Penn and Sons de Greenwich, sous

la direction de M. Hall, ingénieur directeur, ont été prévues pour 12 000 chevaux indiqués au tirage induit et 10 000 au tirage naturel; les vitesses correspondantes devant être de 17ⁿ,5 et 16ⁿ,5.

Huit chaudières cylindriques en acier, à retour de flamme, de 5 mètres de diamètre et 2^m,85 de long, réparties en quatre compartiments. Les chaudières sont timbrées à 11^{kg},3, la surface de chauffe est de 2 440^{m²},8 et la surface de grille de 76^{m²},27. Toute la tuyauterie de vapeur est en acier (1). La puissance est de 12 000 chevaux.

Le poids des machines varie, pour les navires de cette classe, de 1 315 tonnes (*Jupiter*) à 1 357 (*Magnificent* et *Majestic*) et celui des chaudières de 684 tonnes (*Mars*) à 746 (*Magnificent*).

Les essais ont donné les résultats suivants :

1^o Essais de 8 heures au tirage naturel.

	Tirant d'eau moyen. Mètres.	Pression de l'air. Millimètres.	Nombre moyen de tours.	Chevaux indiqués.	Vitesse.
<i>Majestic</i>	7,62	5,5	100,6	10 453	16,9
<i>Magnificent</i>	7,61	35,5	96	10 333	16,5
<i>Prince George</i>	7,62	11,8	97,2	10 465	16,52
<i>Victorious</i>	7,82	6,6	98,6	10 300	15,92
<i>Illustrious</i>	»	40,6	96,5	10 241	15,96

2^o Essais de 4 heures à pleine puissance.

	Tirant d'eau moyen. Mètres.	Pression de l'air. Millimètres.	Nombre moyen de tours.	Chevaux indiqués.	Vitesse.
<i>Majestic</i>	—	19,6	107,2	12 554	17,8
<i>Magnificent</i>	7,53	58,9	100,3	12 173	17,6
<i>Prince George</i>	7,62	30,7	101,8	12 280	18,3
<i>Victorious</i>	7,67	31,7	105,4	12 203	18,7
<i>Illustrious</i>	»	49,8	99,5	12 126	15,5

3^o Essais de consommation (de 30 heures).

	Tirant d'eau moyen. Mètres.	Pression aux chaudières. Kilog.	Charbon par heure et par cheval indiqué. Gr.	Nombre moyen de tours.	Chevaux vapeur indiqués.	Vitesse.
<i>Majestic</i>	»	9,5	830	85,5	6 094	14,67
<i>Magnificent</i>	»	9,35	762	82,0	6 116	14,65
<i>Prince George</i>	7,54	9,8	816	82,9	6 216	14,76
<i>Victorious</i>	7,65	10,2	726	86,8	6 205	14,9
<i>Illustrious</i>	»	10,0	803	83,1	6 155	14,5

(1) Les chaudières du *Magnificent* et de l'*Illustrious* sont installées avec le tirage induit.

L'approvisionnement de charbon est de 900 tonnes, il peut être porté à 1 800.

Armement. — 4 canons de 305 millimètres, frettés en fil d'acier, de 46 tonnes, placés par paires dans les deux tourelles avant et arrière. L'axe des canons est à 8^m,20 au-dessus de la ligne d'eau; angle de tir de 250°. Au cas où la manœuvre hydraulique viendrait à faire défaut, les pièces peuvent être manœuvrées à bras par des canonniers, au nombre de 30, placés dans l'abri tournant. Les munitions arrivent par deux passages : l'un, débouchant dans l'extrémité effilée de la tourelle et utilisable pour certaines positions des pièces, l'autre ouvrant dans le milieu sous les canons et approvisionnant une sorte de porte-charge tournant, grâce auquel les canons peuvent être chargés quelle que soit leur orientation.

Les canons peuvent être chargés simultanément dans la position fixe ou séparément dans une position quelconque. Dans le cas de chargement dans une position fixe, l'intervalle entre les coups a été de 1 minute 19 secondes; dans le cas de chargement dans une position quelconque, il a été de 1 minute 21 secondes;

12 canons de 152 millimètres à tir rapide, en casemates cuirassées, dont 8 immédiatement au-dessus de la cuirasse de flanc et 4 aux angles de la batterie du pont supérieur, à peu près au niveau des canons de 305, avec champ de tir de 120°;

16 canons de 76 millimètres à tir rapide, avec boucliers légers et très petits, 8 dans la batterie centrale supérieure, 2 à l'arrière, 2 l'avant, 4 aux angles du réduit, au niveau des pièces basses de 152; angle de tir de 120°;

12 canons de 47 millimètres à tir rapide, dans les hunes;

8 mitrailleuses Maxim sur les passerelles et le pont des gaillards;

5 tubes lance-torpilles, dont 4 sous-marins.

Équipage de 757 hommes.

CANOPUS

Cuirassé de 1^{re} classe, à tourelles barbettes (1897).

Mis en chantier à Portsmouth le 4 janvier 1897, lancé le 13 octobre 1897.

Les autres cuirassés de la même classe sont :

Goliath, mis en chantier en même temps que le *Canopus*, à Chatham, et lancé le 23 mars 1898;

Albion, lancé à Blackwall le 24 juin 1898;

Ocean, lancé à Devonport le 5 juillet 1898;

Vengeance, mis en chantier à Barrow le 23 août 1897 et lancé le 25 juillet 1899;

Glory, lancé à Birkenhead, le 11 mars 1899.

Ce type de cuirassé, établi par M. White, est le type *Majestic* en plus petit ; l'armement est le même et la différence de poids porte sur la cuirasse des flancs qui n'a que 152 mètres au lieu de 229. Deux mâts militaires en acier et deux cheminées. L'avant se termine par un éperon placé à 2^m,30 seulement au-dessous de la flottaison, au tirant d'eau normal.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur hors tout, jusqu'à l'extrémité de l'éperon.	130 ^m ,14
— entre perpendiculaires.	118 ^m ,87
Largeur.	22 ^m ,55
Tirant d'eau moyen.	7 ^m ,92
Déplacement.	13 157 tonnes.

Coque. — Coque en acier, double fond, compartiments étanches. A l'avant, la quille se relève sur les derniers 13 mètres pour se réunir à la masse de

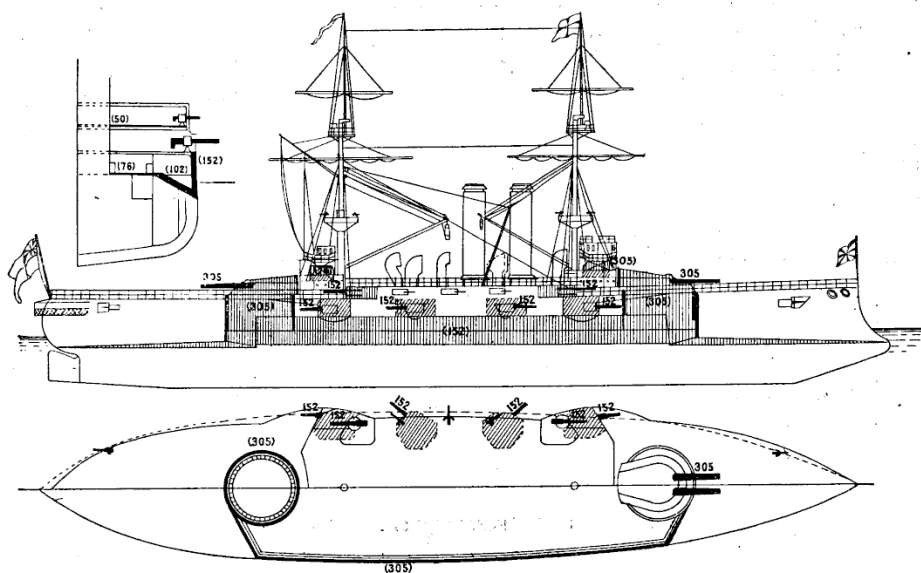


Fig. 36. — *Canopus*, cuirassé.

l'éperon qui n'est qu'à 2^m,30 au-dessous de la flottaison. Quilles latérales de 0^m,91 de hauteur sur 73^m,15 de longueur.

Protection. — Similaire à celle du *Majestic*, avec flotteur central cuirassé de 75 mètres de longueur et barbettes rondes à l'avant et à l'arrière.

La ceinture a une épaisseur de 152 millimètres ; elle est formée de plaques d'acier harveyé, et s'étend depuis 1^m,50 au-dessous de l'eau jusqu'à 2^m,80 au-dessus.

Les tourelles barbettes, de 11^m,17 de diamètre, sont protégées en acier

harveyé de 305 millimètres, ainsi que le blockhaus avant; pour celui arrière, la protection est réduite à 76 millimètres.

Deux ponts blindés, le premier, à profil trapézoïdal, s'étend sur toute la longueur; sa partie horizontale, de 51 à 76 millimètres d'épaisseur, règne à 0^m,76 au-dessus de la flottaison; les parties inclinées ont 102 millimètres d'épaisseur et descendent jusqu'au can inférieur de la ceinture. Le deuxième pont blindé, le pont principal, est en acier de 25 à 50 millimètres, sans doublage en bois.

L'avant est protégé depuis la ceinture par 50 millimètres d'acier harveyé.

Deux soutes, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, reliées par deux corridors latéraux situés sous le pont blindé; la muraille extérieure de chacun de ces passages se trouve sensiblement à l'aplomb de la brisure du pont blindé.

Machines. — Deux machines à triple expansion, d'une puissance totale de 13 500 chevaux, actionnant chacune une hélice en bronze à quatre branches de 5^m,18 de diamètre et devant donner une vitesse de 18 nœuds à 108 tours.

Les diamètres des cylindres sont : haute pression 0^m,762, pression intermédiaire 1^m,245, basse pression 2^m,032; la course du piston est de 1^m,295.

Vingt chaudières Belleville avec économiseurs, donnant la vapeur à 21 kilogrammes, réduite à 17^{kg},5 pour les machines. Ces chaudières, de fabrication anglaise, sont rangées dans trois compartiments, avec huit chaudières dans les compartiments d'avant et du centre, et quatre seulement dans le compartiment d'arrière. Quinze de ces chaudières ont neuf éléments, et les cinq autres en ont huit. La surface de chauffe est de 3 139^{m²},9 et la surface de grille de 97^{m²},95.

Approvisionnement normal de charbon 800 tonnes, pouvant être porté à 1 900 tonnes.

Le poids des machines et chaudières est de 1 940 tonnes.

Les tableaux ci-après résument les résultats des essais du *Canopus*, du *Goliath* et de l'*Océan* (1).

	ESSAIS DE 30 HEURES (CONSUMMATION DE CHARBON).			ESSAIS DE 30 HEURES A PLUS GRANDE PUISSANCE.			ESSAIS A PLEINE PUISSANCE.		
	Chevaux- vapeur indiqués.	Vitesse.	Charbon par cheval et par heure.	Chevaux- vapeur indiqués.	Vitesse.	Charbon par cheval et par heure.	Chevaux- vapeur indiqués.	Vitesse.	Charbon par cheval et par heure.
		nœuds.	kilogr.		nœuds.	kilogr.		nœuds.	kilogr.
Canopus. .	2 843	11,3	0,826	10 457	17,2	0,762	13 780	18,5	0,780
Océan. . .	2 767	11,4	0,835	10 314	16,2	0,739	13 828	18,5	0,798
Goliath . .	2 807	11,7	0,785	10 413	17,3	0,699	13 918	18,4	0,866

(1) *The Naval Annual*, 1900.

Essais de 30 heures, de consommation, au 1/5 de la puissance.

	TIRANT d'eau moyen.	CHEVAUX- vapeur totaux indiqués.	NOMBRE moyen de tours.	PRESSION de la vapeur aux chaudières.	VITESSE.	CHARBON par cheval indiqué et par heure.
				kilogr.	nœuds.	kilogr.
Canopus	7,92	2 812	64,2	16,2	11,3	0,826
Océan	—	2 769	66,8	14,8	11,4	0,835
Goliath	—	2 807	65,7	16,6	11,7	0,785

Essais de 30 heures, de consommation, aux 4/5 de la puissance.

	TIRANT d'eau moyen.	CHEVAUX- vapeur totaux indiqués.	NOMBRE moyen de tours.	PRESSION de la vapeur aux chaudières.	VITESSE.	CHARBON par cheval indiqué et par heure.
				kilogr.	nœuds.	kilogr.
Canopus	7,92	10 454	99,7	17,9	17,2	0,762
Océan	—	10 314	—	18,2	16,2	0,739
Goliath	—	10 303	94,4	18,6	15,5	—
Goliath	—	10 413	100,25	19,2	17,3	0,699

Essais de 8 heures, à pleine puissance.

	TIRANT d'eau moyen.	CHEVAUX- vapeur indiqués.	NOMBRE moyen de tours.	PRESSION de la vapeur aux chaudières.	VITESSE.	CHARBON par cheval indiqué et par heure.
				kilogr.	nœuds.	kilogr.
Canopus	7,92	13 763	108,5	20,3	18,5	0,780
Océan	—	13 828	113,0	19,1	18,5	0,798
Goliath	7,92	13 918	108,2	20,8	18,4	0,866

Le *Canopus* a été mis en service le 5 décembre 1899 dans l'escadre de la Méditerranée, où l'*Océan* l'a rejoint en février 1900. Le *Goliath* a été commissionné le 27 mars 1900 et envoyé dans les eaux chinoises.

Le *Glory* a donné, aux essais de 30 heures, les 7 et 8 février 1900, une consommation de 0^k,77 par cheval-heure, avec une puissance de 10 587 chevaux à 99 tours, et une vitesse de 16ⁿ,78; le tirant d'eau était de 7,92 à l'avant et à l'arrière. Aux essais de huit heures au tirage forcé (23 février), ce même cuirassé a donné une vitesse moyenne de 18ⁿ,12 (au lieu de 18ⁿ,5 prévus) avec

une consommation de combustible de 0^k,71 par cheval heure, la pression aux chaudières était de 18^k,6; la puissance a atteint 13,745 chevaux et la régime était de 107 tours à la minute (tirant d'eau moyen : 7,92).

Armement. — L'armement comprend 4 canons de 305 millimètres, placés par paires dans deux barbettes circulaires, une à chaque extrémité du navire; les pièces sont montées sur des plaques tournantes pouvant être manœuvrées, soit par des appareils hydrauliques, soit à bras;

12 canons de 152, à tir rapide, dans des casemates, entre les tourelles : 8 sur le pont principal et 4 sur le pont supérieur, protégés par des blindages harveyés de 152 millimètres;

10 canons de 76 millimètres à tir rapide, sur le pont principal et sur le pont supérieur;

6 canons de 47 millimètres à tir rapide, dans les hunes;

8 mitrailleuses Maxim;

4 tubes lance-torpilles tous sous-marins.

Il y a 750 hommes d'équipage.

FORMIDABLE

Cuirassé d'escadre à tourelles barbettes (1898).

Le *Formidable* a été mis en chantier à Portsmouth le 17 mars 1898 et lancé le 17 novembre suivant. Les autres navires de la même classe sont : l'*Irrésistible*, mis en chantier à Chatham le 11 avril 1898 et lancé le 15 décembre suivant et l'*Implacable*, mis en chantier le 15 juillet 1898 à Devonport, et lancé en mars 1899.

Ces trois navires, dessinés par M. White, ont été lancés dans un état très incomplet pour faire place aux *London*, *Venerable* et *Bulwark*, du même type. Le *London*, commencé le 7 décembre 1898 à Portsmouth, a été lancé le 21 septembre 1899; le *Venerable*, commencé le 2 janvier 1897, a été lancé le 2 novembre 1898 à Chatham, et le *Bulwark*, commencé le 20 mars 1899 a été lancé le 18 octobre 1899 à Devonport. Ces navires ne seront pas prêts avant 1901.

Les navires de la classe du *Formidable* peuvent être considérés comme des *Majestic* améliorés; la protection des extrémités est augmentée et un pont pare-éclats est superposé au pont cuirassé. Le déplacement est d'ailleurs augmenté. Deux mâts en acier, avec chacun une hune de combat et une plate-forme pour projecteur au sommet du mât principal; deux cheminées dans l'axe près du mât de misaine.

Dimensions. — Longueur totale, de la pointe de l'éperon à l'extrémité de la galerie arrière : 131 mètres.

Longueur entre perpendiculaires	122 ^m ,00
Largeur	22 ^m ,86
Tirant d'eau moyen	8 ^m ,15
Déplacement	15 240 tonnes.

Coque. — Coque en acier à double fond. La quille affecte la forme d'une ligne brisée en trois parties : 1° partie droite sous la partie centrale blindée comprise entre les barbettes qu'elle déborde un peu aux deux extrémités et surtout à l'avant ; 2° partie avant se relevant à 30° à une dizaine de mètres de l'éperon et se prolongeant jusqu'à la pointe de celui-ci ; 3° partie arrière se relevant sous un angle un peu plus faible, pour rejoindre l'étambot. L'éperon, fondu en une seule pièce, pèse plus de 30 tonnes.

Protection. — Ceinture en acier harveyé, de 229 millimètres d'épaisseur et

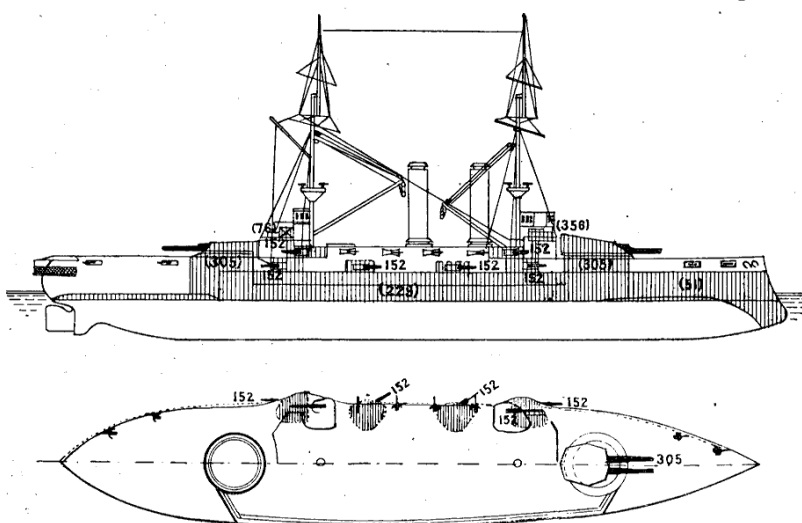


Fig. 37. — *Formidable*, cuirassé.

4^m,57 de hauteur, s'étendant sur 66 mètres de longueur au milieu du navire. Des cloisons transversales obliques, de 229 à 305 millimètres d'épaisseur relient les extrémités de la ceinture et complètent une ceinture totale autour des parties vitales du navire.

Pont en dos de tortue, blindé à 51 millimètres dans la partie centrale, et à 76 millimètres dans les parties inclinées qui viennent en abord au can inférieur de la ceinture.

Aux extrémités, en dehors du flotteur blindé central, se trouve un pont inférieur blindé à 51 millimètres à l'avant et à 37 millimètres à l'arrière. Ces extrémités sont d'ailleurs divisées en compartiments nombreux, remplis de liège ; à l'avant, il existe même, — pour empêcher la destruction trop rapide de cette partie du navire, — une ceinture légère de 51 millimètres (1).

(1) Sur le *London*, le *Bulwark* et le *Venerable*, la ceinture doit, paraît-il, être continuée en s'amincissant à partir de la barquette avant, jusqu'à n'avoir plus que 102 millimètres à l'éperon ; en revanche, la traverse serait supprimée. Pour ces navires, les blindages sont en acier Krupp.

de même hauteur que la ceinture principale qu'elle prolonge jusqu'à l'éperon.

Enfin un pont pare-éclats formant pont principal et sur lequel reposent les casemates des canons de 152, passe par le can supérieur de la ceinture; il est recouvert d'un blindage de 25 millimètres d'acier harveyé et s'étend jusqu'aux extrémités.

Deux barbettes circulaires, avant et arrière, dans l'axe, blindées à 305 millimètres, avec capuchons de 203 millimètres.

Blockhaus à l'avant, blindé à 356 millimètres, avec tube de communication blindé à 203 millimètres; à l'arrière, poste d'observation blindé, ainsi que le tube de communication, à 76 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion de 7 500 chevaux chacune.

Vingt chaudières Belleville fournissant la vapeur à 21 kilogrammes, ramenée à 14 kilogrammes pour les machines.

Les diamètres des cylindres sont 0^m,799, 1^m,307 et 2^m,134, avec course des pistons de 1^m,295.

La surface de chauffe est de 3 448 mètres carrés, et la surface de grille de 106^m^q,7.

Chaudières et machines sont construites par la Earle's Shipbuilding and Engineering Company de Hull; le poids des machines et chaudières est de 1 400 tonnes.

La vitesse prévue est de 18 nœuds.

L'approvisionnement normal de charbon est de 900 tonnes, pouvant être porté à 2 000; les soutes inférieures peuvent être remplies directement, indépendamment des soutes supérieures.

Armement. — L'artillerie comprend :

4 canons de 305 millimètres, par paires, dans les deux barbettes d'avant et d'arrière;

12 canons de 152 millimètres, du nouveau modèle Vickers, à tir rapide, montés en casemates blindées en acier harveyé à 152 millimètres à l'extérieur, et à 51 millimètres pour les parois intérieures (8 sur le pont principal et 4 sur le pont supérieur). Quatre de ces canons peuvent tirer en chasse directe et quatre en retraite directe, les quatre autres tirent par le travers. Les munitions parviennent du passage au-dessous du pont blindé par des tubes blindés débouchant directement dans chaque casemate;

16 canons de 76 millimètres, dont 8 sur le pont principal et 8 sur le pont supérieur;

12 canons de 47 millimètres, dans les hunes;

8 mitrailleuses Maxim;

4 tubes lance-torpilles sous-marins.

789 hommes d'équipage; portera pavillon amiral.

773 hommes pour les navires de cette classe ne portant pas pavillon d'amiral.

Nouveaux cuirassés (1899).

L'Amirauté anglaise a, en outre, en chantier six autres cuirassés : *Duncan*, *Cornwallis*, *Exmouth*, *Russell*, *Albemarle*, *Montagu*; ces navires sont, comme dimensions, intermédiaires entre les classes *Formidable* et *Canopus*; ils ont pratiquement le même armement que le *Formidable*, mais un blindage plus léger.

Le *Russell*, en construction à Hull, et le *Montagu* en chantier à Devonport, seront lancés fin 1900, et le *Duncan*, en construction sur les chantiers de la Thames Iron Works, au commencement de 1901.

D'après *Engineering* (23 décembre 1898), les éléments principaux de ces nouveaux cuirassés sont :

Longueur entre perpendiculaires.	123 ^m ,44			
Largeur	23 ^m ,00			
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,08			
Déplacement.	14 000 tonnes.			
Vitesse prévue	19 nœuds.			
Puissance en chevaux { Tirage naturel. . .	18 000 chevaux.			
indiqués { — forcé.	»			
Diamètre des cylindres.	0 ^m ,831	1 ^m ,384	1 ^m ,60	1 ^m ,60
Course du piston	1 ^m ,219			
Nombre de tours.	120 à la minute.			
Vitesse du piston.	292 ^m ,60			
Pression de la vapeur	21 ^{kg} à 17 ^{kg} ,6			
Chaudières.	24 Belleville.			
Surface de chauffe	4 019 ^m q			
Surface de grille	127 ^m q,7			
Surface de chauffe par cheval indiqué. . . .	0 ^m q,22			
Chevaux-vapeur indiqués par mètre carré de surface de grille.	141			
Poids des machines.	1 580 tonnes.			
Cuirasse { Ceinture	178 à 102 millimètres.			
en { Traverses.	279 à 254 —			
acier durci. { Barbettes.	279 à 178 —			
Pont à dos de tortue, blindé à	51 et 76			
Pont principal, blindé à	25			

L'approvisionnement de charbon sera de 900 tonnes, pouvant être doublé (1).

L'armement comprendra :

4 canons de 305 millimètres, par paires dans deux barbettes blindées à 279, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière;

12 canons de 152 à tir rapide, en casemates blindées à 152 sur la face avant

(1) D'après Brassey (*Naval Annual*, 1899). L'approvisionnement peut être porté à 2 000 tonnes. L'artillerie moyenne serait protégée à 152.

et 30 sur la face arrière; 8 de ces canons sont sur le pont principal et 4 sur le pont supérieur comme pour les navires de la classe *Formidable*;

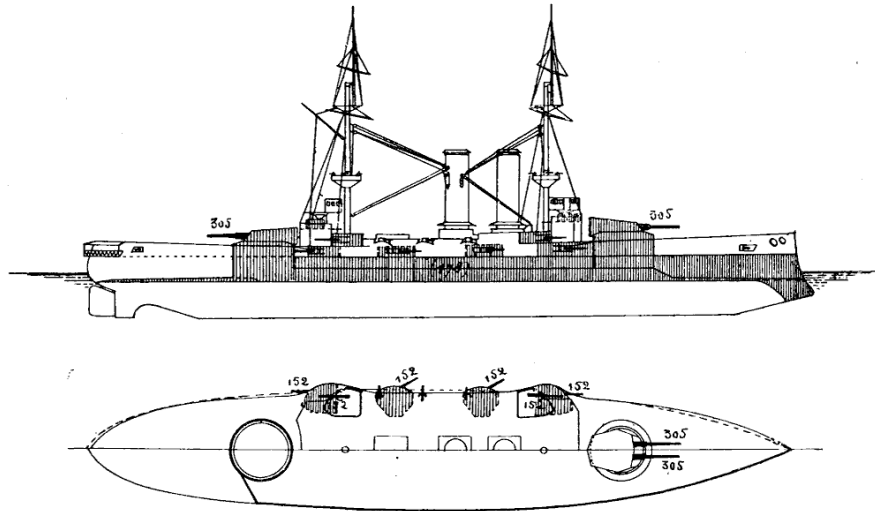


Fig. 38. — *Duncan*, cuirassé.

12 canons de 76 millimètres, à tir rapide, répartis d'une façon similaire;
 6 canons de 47 millimètres à tir rapide;
 4 mitrailleuses;
 12 petits canons et mitrailleuses Maxim.
 Il y aura 4 tubes lance-torpilles sous-marins.
 Équipage de 750 hommes.

CROISEURS CUIRASSÉS

ORLANDO

Construit à Yarrow, lancé en 1886, achevé en 1888.

Avant et arrière de niveau. Deux mâts à signaux, deux cheminées dans l'axe, près du mât avant.

Navires de la même classe :

Aurora (Pembroke, lancé en 1887, achevé en 1889),

Australia (Glasgow, lancé en 1886, achevé en 1888),

Galatea (Glasgow, lancé en 1887, achevé en 1889),

Immortalité (Chatham, lancé en 1887, achevé en 1889),

Narcissus (Hull, lancé en 1886, achevé en 1889),

Undaunted (Yarrow, lancé en 1886, achevé en 1889).

Dimensions :

Longueur.	91 ^m ,44
Largeur.	17 ^m ,07
Tirant d'eau moyen.	7 ^m ,47
Déplacement.	5 600 tonnes.

Coque en acier, double fond; deux quilles latérales. Cloisonnement transversal et longitudinal. Étrave renversée, arrière élané. Éperon en acier coulé.

Protection. — Ceinture de 234 millimètres, de 61 mètres de longueur, com-

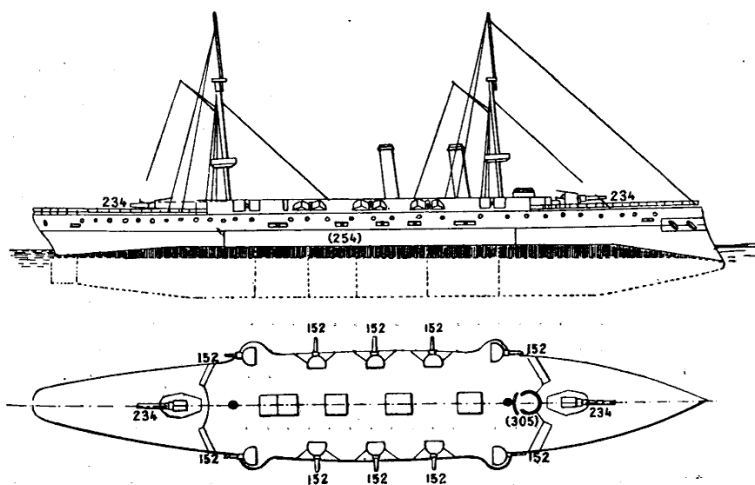


Fig. 39. — *Aurora*, croiseur cuirassé.

plétée par des traverses de 406, le tout en fer et acier. La ceinture descend à 1^m,20 au-dessous de la flottaison et la dépasse de 0^m,46 seulement.

Pont blindé à 51 millimètres, horizontal, au niveau du can supérieur de la ceinture; en dehors de celle-ci, aux extrémités, pont à section trapézoïdale de 51 millimètres dans la partie horizontale et 76 millimètres dans les parties inclinées, s'enfonçant au-dessous de la flottaison.

Blockhaus blindé à 305 millimètres.

Machines. — Deux machines horizontales à triple expansion; deux hélices en bronze de 4^m,42 de diamètre; quatre chaudières avec 24 foyers.

Au tirage naturel, 6 800 chevaux et 17 nœuds; au tirage forcé, 8 500 chevaux et 18ⁿ 1.

Approvisionnement de charbon pouvant atteindre 900 tonnes.

Armement. — 2 canons de 234 dans l'axe, en barbottes, sur le pont des gailards, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière; champ de tir 240°;

10 canons de 152 à tir rapide, à pivot central, en batterie sur le pont des

gaillards (5 de chaque bord), avec champ de tir de 120°; les 4 extrêmes en encorbellement, tirant en même temps par le travers et en chasse ou en retraite, avec champ de tir total de 150°;

6 canons de 57 millimètres à tir rapide;

10 canons de 47 millimètres à tir rapide;

7 mitrailleuses;

Il y a 2 tubes lance-torpilles.

Équipage, 484 hommes.

CRESSY

L'*Aboukir*, le *Cressy*, le *Hogue* et le *Sutlej*, ont été mis en chantier en 1897-1898, les deux premiers dans les chantiers Fairfield à Glasgow, le troisième à Barrow in Furness, et le quatrième à Clydebank. Deux autres croiseurs du même type ont été entamés en 1899 : le *Bacchante* à Clydebank, l'*Euryalus* à Barrow.

Le *Sutlej* a été lancé le 18 novembre 1899, le *Cressy* le 4 décembre suivant, et le *Hogue* le 31 août 1900.

Dimensions :

Longueur.	134 ^m ,20
Largeur.	21 ^m ,18
Tirant d'eau.	8 mètres.
Déplacement (avec 800 tonnes de charbon). . .	12 190 tonnes.
Longueur totale.	141 ^m ,60.

Coque. — Coque en acier; double fond; système cellulaire s'étendant jusqu'au pont blindé; doublage bois et cuivre; deux mâts; quatre cheminées. Poids de la coque, 7 860 tonnes.

Protection. — Ceinture de 3^m,50 de hauteur, descendant à 1^m,52 sous l'eau; cette ceinture en acier, au nickel durci, de 152 millimètres d'épaisseur, repose sur un matelas de teck de 102 millimètres et s'étend sur une longueur de 70 mètres pour se terminer à 36^m,58 de l'avant et 27^m,40 de l'arrière, par des traverses de 127 millimètres, formant ainsi une redoute centrale.

A l'avant, un blindage en acier nickel de 50 millimètres, posé sur le bordé, continue la ceinture jusqu'à l'étrave. L'arrière n'est pas cuirassé, mais l'épaisseur des côtés du bordé a été notablement accrue.

Pont blindé courbe de 75 millimètres à l'arrière et de 50 millimètres dans la batterie centrale protégée par la ceinture. Pont pare-éclats au can supérieur de la ceinture.

Deux tourelles barbettes dans l'axe (à l'avant et à l'arrière), à l'intérieur de la citadelle, blindées à 152 millimètres; deux blockhaus, blindés à 304 millimètres, un derrière chaque tourelle, avec tubes de communication blindés à 76 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion et à quatre cylindres, devant donner 21 000 chevaux à 120 tours et une vitesse de 21 nœuds. Deux hélices.

La vapeur sera fournie par 30 chaudières Belleville avec économiseurs, réparties en quatre compartiments. La surface de chauffe est de 51 500 mètres

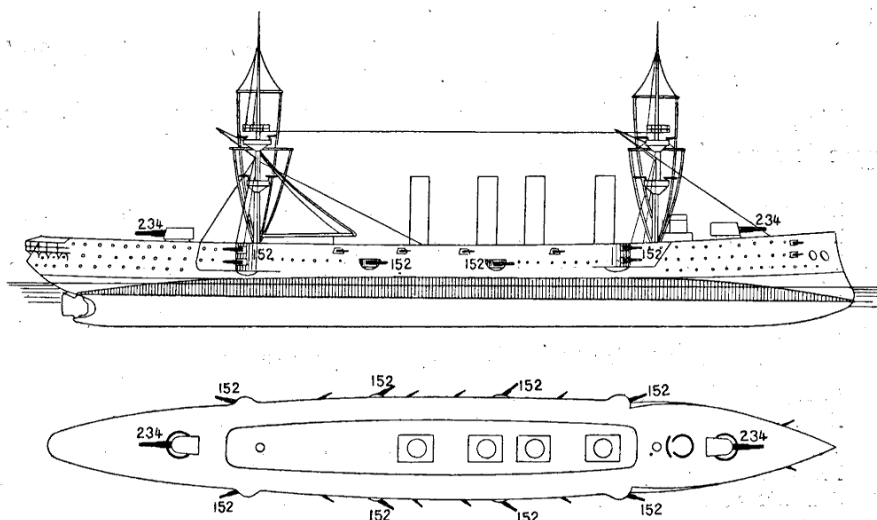


Fig. 40. — *Cressy*, croiseur cuirassé.

carrés, et la surface de grille de 1 650 mètres carrés. Pression de 21 kilogrammes ramenée à 17^{kg,5} pour les machines.

Le poids des machines est de 1 800 tonnes.

L'approvisionnement normal de charbon n'est que de 800 tonnes; mais il peut être porté à 1 600 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 234 millimètres (22 tonnes) dans les tourelles barbettes, avec masques tournants de 152 millimètres, champ de tir de 135°;

12 canons de 152 millimètres à tir rapide, dans des casemates blindées à 152 millimètres, dont 8 sur le pont principal, au niveau du can supérieur de la ceinture, et 4 superposées aux casemates d'angle;

14 canons de 76 millimètres;

5 canons de 47 millimètres;

2 tubes lance-torpilles sous-marins.

Les navires disposent, en chasse directe ou en retraite directe :

De 1 canon de 234, et 4 canons de 152;

Par le travers : de 2 canons de 234 et 12 de 152.

Équipage de 615 hommes.

NOUVEAUX CROISEURS. CUIRASSÉS

De nouveaux croiseurs de 14 100 tonneaux sont en chantier et porteront les noms suivants : *Africa*, *Drake*, *King-Alfred*, *Leviathan*.

Ce seront d'énormes navires, à quatre cheminées, dont l'aspect rappellera celui du *Powerful* et du *Terrible*.

L'*Africa* en chantier à Fairfield, le *Drake* à Pembroke, le *King Alfred* à Barrow et le *Leviathan* à Clydebank.

Voici, d'après *Engineering* (23 décembre 1898), les principales caractéristiques de ces croiseurs :

Longueur entre perpendiculaires	152 ^m ,38
Largeur	21 ^m ,64
Tirant d'eau	7 ^m ,92
Déplacement	14 100 tonnes.
Vitesse aux essais, estimée, en nœuds	23 nœuds.
Chevaux-vapeur indiqués	30 000
Diamètres des cylindres	1 ^m ,103, 1 ^m 803, 2 ^m ,070 et
Course du piston	1 ^m ,219
Nombre de tours	120
Vitesse du piston	292 ^m ,60
Pression de la vapeur	21 kil. à 17 ^{kil} ,6
Chaudières	43 Belleville.
Surface de chauffe	6 686 mq.
Surface de grille	214 ^m ,76
Poids des machines	2 500 tonnes.
Chevaux indiqués par tonne	12 chevaux.
Mètre carré de surface de chauffe par cheval-vapeur indiqué	0 ^m 4,223
Chevaux-vapeur indiqués par mètre carré de surface de grille	140 chevaux.

Ceinture en acier Krupp, de 152 d'épaisseur au centre et 102 à l'avant, régnant sur presque toute la longueur depuis l'étrave. Une cloison blindée à 102 est à quelques mètres de l'arrière. Pont blindé de 102 d'épaisseur maximum.

Approvisionnement normal de charbon de 1 250 tonnes, pouvant être doublé.

L'armement comprendra :

2 canons de 235 en tourelles barbettes, à l'avant et à l'arrière;

12 canons de 152 à tir rapide;

14 canons de 76 millimètres à tir rapide;

3 canons de 47 millimètres tir rapide.

Il y aura 2 tubes lance-torpilles.

Enfin quatre croiseurs cuirassés de 23 nœuds ont été également mis en chantier, savoir : le *Kent* à Portsmouth; l'*Essex* à Pembroke; le *Monmouth* et le *Bedford* à Fairfield. Voici, d'après le *Naval Annual pour 1900*, les principales caractéristiques de ces bateaux.

Dimensions :

Longueur.	134 ^m ,10
Largeur	28 ^m ,12
Tirant d'eau.	7 ^m ,47
Déplacement.	9 800 tonnes.

Coque. — Coque en acier; trois cheminées dans l'axe; deux mâts ordinaires, Franc-bord de 5^m,80 par le travers, avant relevé.

Protection. — Ceinture en acier de 105 millimètres commençant à 32^m,30 de l'arrière, régnant à cette épaisseur sur toutes les parties vitales du navire et s'amincissant ensuite pour aboutir avec 50 millimètres d'épaisseur à l'avant, où

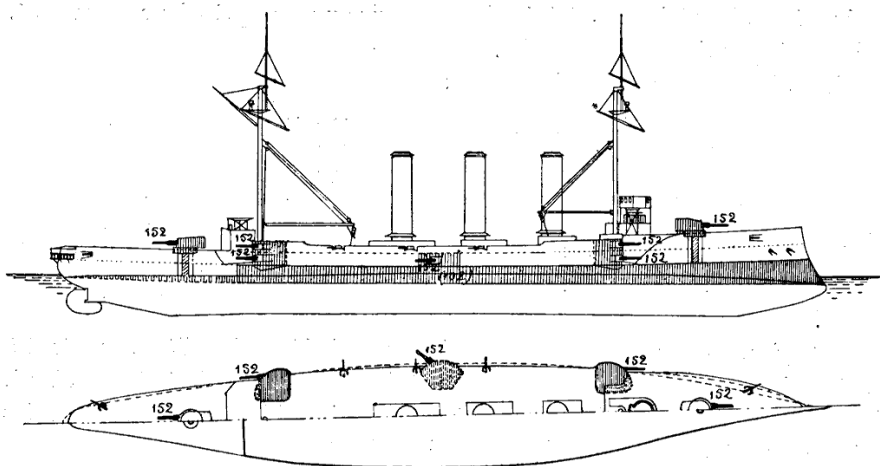


Fig. 41. — *Kent*, croiseur cuirassé.

elle se relève légèrement. L'arrière est protégé par un pont blindé à 50 millimètres et le pont principal à 32 millimètres d'épaisseur.

Deux tourelles barbettes, à l'avant et à l'arrière, blindées à 102 millimètres et surmontées d'une carapace de même épaisseur tournant avec les canons.

Casemates blindées à 102 millimètres.

Machines. — Machine d'une puissance de 22 000 chevaux-vapeur pouvant donner une vitesse de 23 nœuds.

Trente et une chaudières Belleville réparties en trois chambres de chauffe.

Approvisionnement normal de charbon : 1 500 tonnes. Deux hélices.

Armement. — L'armement comporte :

14 canons de 152, tir rapide, répartis de la façon suivante :

4 par paires dans les tourelles avant et arrière ;

8 aux angles de la redoute centrale, en casemates à deux étages;
 2 sur les flancs, au centre;
 14 canons de 76 millimètres, tir rapide;
 3 canons de 47 à tir rapide (1).

CROISEURS PROTÉGÉS

Croiseurs de 1^{re} classe.

BLAKE (1889)

Commencé avec le *Blenheim* en 1888, le *Blake*, construit à Chatham, a été lancé en 1889; le *Blenheim*, construit à Blackwall par les *Thames Iron Works*, a été lancé en 1890. Tous deux ont été mis en service un an après leur lancement.

Dessinés par sir William White.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur.	116 mètres.
Largeur.	19 ^m ,80
Tirant d'eau.	7 ^m ,85
Déplacement.	9 000 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond sur la moitié de la longueur; deux quilles latérales; deux cheminées entre les mâts; compartiments étanches; éperon.

Protection. — Pas de ceinture. Simple pont blindé en dos d'âne, montant à 0^m,45 au-dessus de la flottaison au milieu et descendant jusqu'à 1^m,90 en abord. L'épaisseur du pont est de 75 millimètres dans le milieu et de 150 dans les parties en pente. Blockhaus blindé à 305 millimètres.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion actionnant chacune une hélice de 5^m,56 de diamètre et développant ensemble 14 000 chevaux au tirage naturel et 20 000 au tirage forcé. Les diamètres des cylindres sont respectivement de 0^m,915, 1^m,320 et 2^m,030, avec course de 1^m,220 pour le piston.

Six chaudières cylindriques à double façade, de 4^m,62 de diamètre et 5^m,49 de longueur. Vapeur à 10^{kg},5, surface de chauffe 2 500 mètres carrés, surface de grille 80 mètres carrés. Une chaudière spéciale fournit la vapeur aux 60 machines auxiliaires du navire.

Approvisionnement normal de 1 500 tonnes de charbon pouvant être porté à 2 000.

Vitesse 21 nœuds et demi

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 234 millimètres sur le pont des gaillards, l'un à l'avant, l'autre

(1) L'annuaire allemand indique en outre 2 tubes lance-torpilles sous-marins.

à l'arrière, avec angle de tir de 240° , protégés par des boucliers tournants avec carapace ;

10 canons de 152 à tir rapide : 4 sur le pont de batterie en casemates (2 de

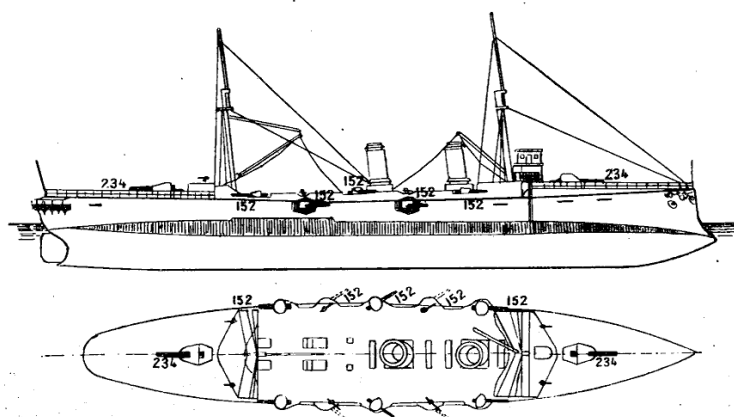


Fig. 42. — *Blake*, croiseur protégé de première classe.

chaque côté) et 6 sur le pont des gaillards, dont 2 en avant et 2 en arrière en encorbellement, pouvant tirer en chasse et en retraite ;

16 canons de 47 millimètres.

Tous les canons sont pourvus de masques blindés.

7 mitrailleuses ;

4 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins.

570 hommes d'équipage.

EDGAR (1890)

Construit à Devonport, en juillet 1889 et lancé en décembre 1890.

De la même classe : *l'Endymion*, lancé à Hull en 1891 ; *Royal Arthur*, commencé le 20 janvier 1890 et lancé le 26 février 1891 à Portsmouth ; *Hawke* (Chatham, 1891) ; *Grafton* (Blackwall, 1892) ; *Theseus* (Blackwall, 1892) ; *Crescent* (Portsmouth, 1892) ; *Gibraltar* (Glasgow, 1892) ; *Saint George* (Hull, 1892).

Dimensions :

Longueur.	109 ^m ,75
Largeur.	18 ^m ,30
Tirant d'eau moyen.	7 ^m ,24 (1)
Tirant d'eau arrière.	7 ^m ,50
Déplacement	7 460 tonnes.

(1) Le *Crescent*, le *Royal Arthur*, le *Gibraltar* et le *Saint-George* ont 7^m 80 de tirant d'eau arrière, et leur déplacement est de 7800 tonnes. Le *Naval Annual* pour 1899 indique même 27'9" (8^m 46) pour le tirant d'eau du *Royal Arthur*, mais c'est là sans doute une faute d'impression et il faut lire 25'9" (7^m,85).

Coque. — Coque en acier; doublage en cuivre sur revêtement en bois, seulement pour le *Royal Arthur*, le *Crescent*, le *Gibraltar* et le *Saint George*.

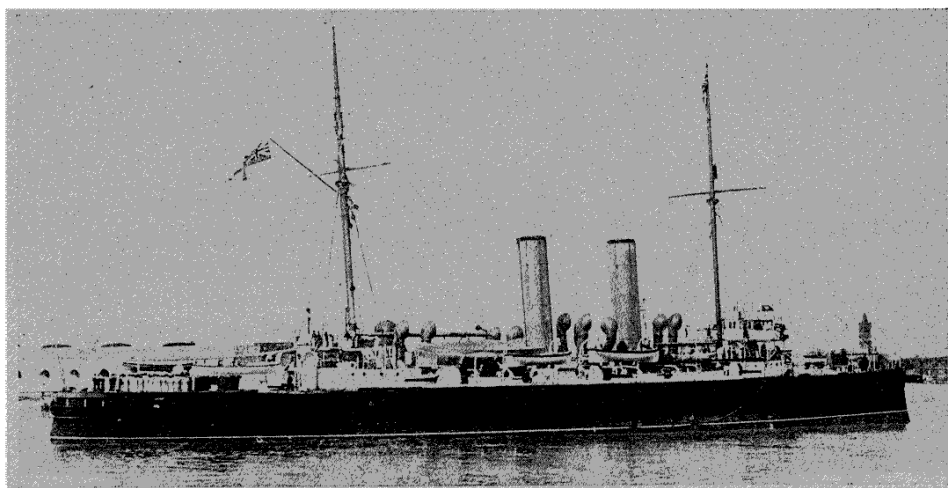


Fig. 43. — *Edgar*, croiseur protégé de 1^{re} classe.

Nombreux compartiments étanches; double fond sur la longueur correspondant aux machines et chaudières. Deux mâts à signaux; deux cheminées entre les mâts; éperon légèrement saillant à l'avant.

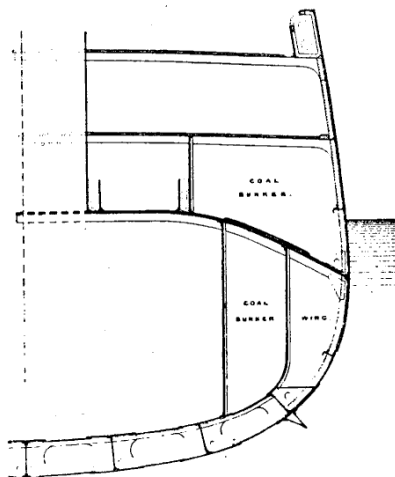


Fig. 44. — *Edgar*, demi-coupé transversale.

Protection. — Pas de ceinture. Pont cuirassé en acier sur toute la longueur; au-dessus des machines, ce pont présente une partie horizontale de 60 millimètres d'épaisseur, à 0^m,30 au-dessus de la flottaison et, en abord, des parties incurvées convexes de 127 millimètres en deux plaques, descendant à 1^m,50 environ au-dessous de la ligne d'eau. En avant et en arrière des machines, le pont blindé est d'abord horizontal, il s'abaisse au-dessous de l'eau en arrivant à l'étrave et à l'étambot. Les machines dépassent le pont cuirassé et sont protégées par des glaces inclinés de 152 millimètres.

Le poste de commandement est blindé à 300 millimètres et les communications entre ce poste et le pont protégé sont blindées à 177 millimètres. Les

compartiments d'abord au-dessus de la flottaison sont remplis de charbon et de cofferdam.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion ayant développé aux essais 10 517 chevaux avec tirage naturel et 12 851 avec tirage forcé. Dans le premier cas, le régime est de 99,1 tours (1); dans le second cas, il est de 102,7. Deux hélices en acier. Chaudières à double façade du type Amiralauté, timbrées

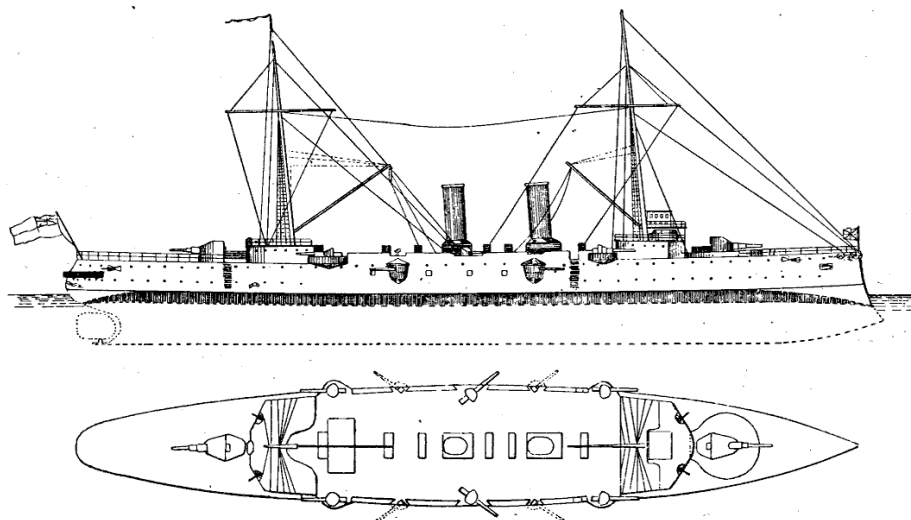


Fig. 45. — *Edgar*, croiseur protégé.

à 10^{kg} (2). La surface de chauffe est de 2 314 mètres carrés et la surface de grille de 74^{mq},4.

Approvisionnement de charbon, 850 tonnes. Le poids des machines est de 1 180 tonnes, celui des chaudières de 656 tonnes.

Armement. — L'artillerie comporte :

2 canons de 234 millimètres à pivot central, protégés par des masques en acier blindés à 152 millimètres, à l'avant et à l'arrière, dans l'axe ;

(1) Les documents officiels de l'Amiralauté ne donnent pas les vitesses réalisées. D'après le *Naval annual* (1899) l'*Edgar* est resté continuellement en réparation depuis 1893; il aurait fourni depuis une vitesse de 18ⁿ,8 au tirage naturel de 8 996 chevaux indiqués; d'après la même source, les vitesses maxima obtenues aux essais par les navires de cette classe varieraient de 19ⁿ,7 pour le *Royal Arthur*, le *Crescent* et le *Gibraltar* à 20,5 pour l'*Edgar*, les autres ayant donné des vitesses intermédiaires.

(2) Cinq des navires de cette classe ont quatre chaudières à double façade et une chaudière simple; quatre navires ont huit chaudières à simple façade.



10 canons de 152 millimètres à tir rapide, disposés, savoir : 4 en tourelles en saillie sur chaque bord à l'avant et à l'arrière, aux angles de la batterie, avec masques de 152 millimètres; 4 en encorbellement dans des casemates blindées à 152 millimètres sur la face avant et à 50 millimètres sur la face arrière; 2 sur le pont supérieur, au centre du navire, tirant par le travers, avec masques de 152 millimètres;

12 canons de 57 millimètres à tir rapide (6 de chaque côté);

5 canons de 47 millimètres à tir rapide;

7 mitrailleuses.

Pour le *Royal Arthur* et le *Crescent*, l'armement comprend :

1 seul canon de 234 à l'arrière;

12 canons de 152 à tir rapide, dont 10 comme sur les autres navires de la classe et 2 sur le gaillard d'avant, tirant en chasse, avec masques de 152 millimètres;

16 canons de 57 millimètres à tir rapide;

3 canons de 47 millimètres à tir rapide;

7 mitrailleuses.

Tous les navires de cette classe ont 4 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

Équipage de 544 hommes, sauf pour le *Grafton*, le *Crescent* et le *Saint-George* qui comptent 560 hommes et le *Royal Arthur* qui en a 567.

TERRIBLE (1895)

Construit par la maison Thompson à Clydebank, sur les dessins de M. William White. Mis en chantier le 12 mars 1894, lancé le 27 mai 1895; le bateau similaire *Powerful* (fig. 46) a été lancé à Barrow le 28 mai de la même année.

Dimensions. — Les dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	152 mètres.
— hors tout.	162 —
Largeur	21 ^m ,60
Tirant d'eau à charge.	8 ^m ,60
Déplacement	14 425 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond, laissant un intervalle de 2^m,40 au-dessous des machines et de 1^m,22 sur le reste du navire; le double fond monte jusqu'au pont blindé.

Pas de quille centrale, celle-ci étant remplacée par une virure formée des deux épaisseurs de jonction des virures du bordé; deux quilles latérales de 68^m,30 de long et 0^m,90 de haut, en bois de teck doublé de cuivre, limitent le

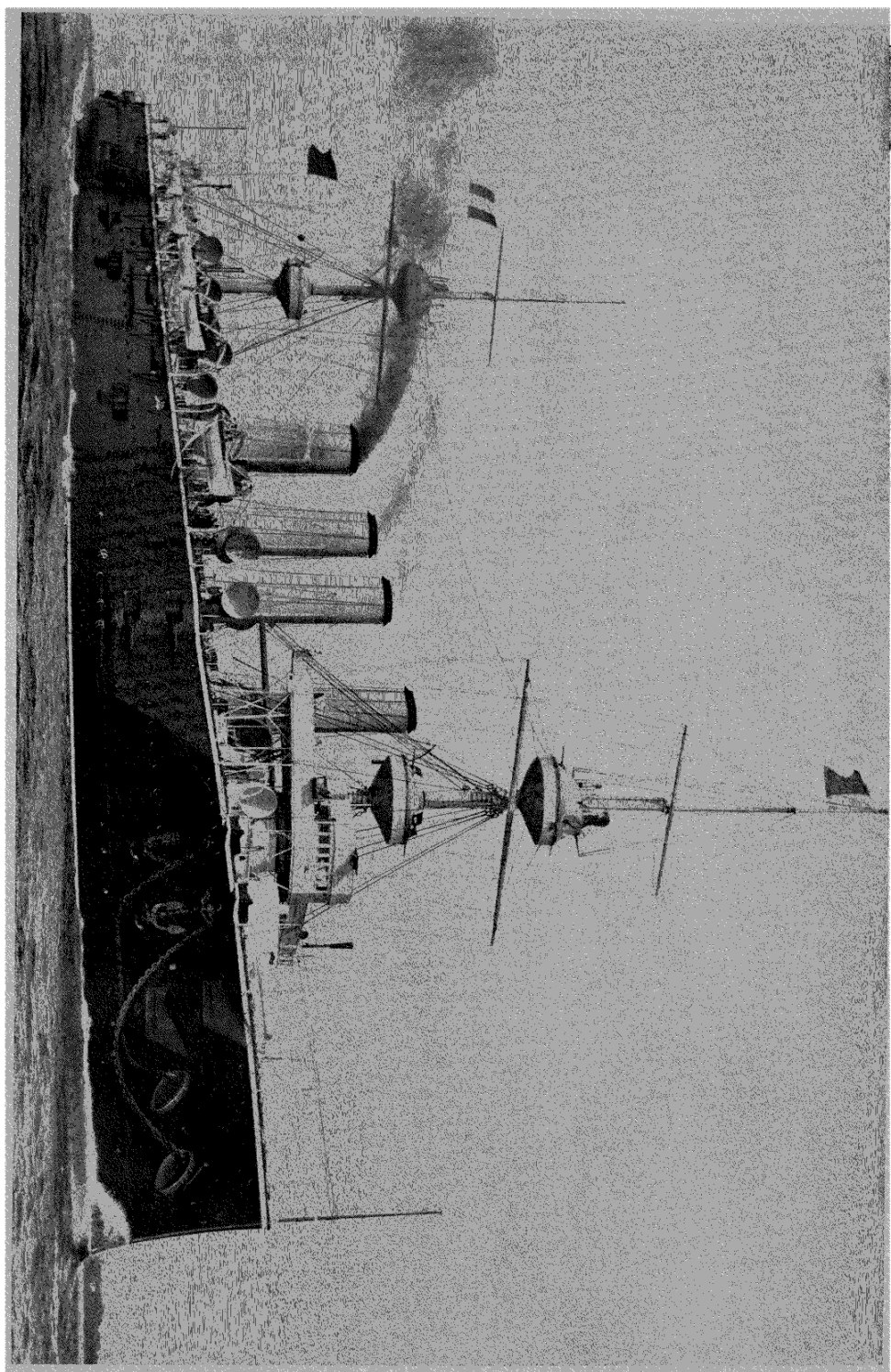


Fig. 46. — *Powerful*, croiseur protégé de 1^{re} classe.

roulis. Division en 236 compartiments étanches, petits ou grands. Le bordé d'acier doux est recouvert d'un doublage en bois de teck de 100 millimètres et de laiton laminé.

Puissant éperon faisant saillie de 4^m, 50 sur la partie verticale supérieure de l'étrave.

Franc-bord élevé; le gaillard d'avant est à 10^m,50 au-dessus de la flottaison.

Gouvernail compensé, d'une surface de 23 mètres carrés, recouvert en cuivre fort; son armature, en bronze, pèse 21 tonnes; sur le toit de la cabine des cartes règne une plate-forme de manœuvre à 14 mètres au-dessus de l'eau.

Deux mâts militaires tubulaires, de 0^m,914 de diamètre, traversés par un monte-charges et pourvus de deux hunes; chaque mât est pourvu d'une robuste corne de charge pouvant hisser des petits torpilleurs dont le plus long a 17 mètres.

Le poids de la coque et de la cuirasse est de 8 612 tonnes.

Protection. — Pas de cuirasse verticale.

Pont blindé, en acier harveyé, de bout en bout, à cambrure très prononcée, montant à 1^m,05 au-dessus de la ligne d'eau au centre et descendant à 2^m,15 au-dessous sur les côtés, ce qui donne une flèche totale de 3^m,20 et a permis de loger les machines sous ce pont où elles occupent une longueur de 76^m,70. Au centre, sur toute l'étendue occupée par les machines, le pont a 102 au milieu et 152 en abord; son épaisseur est de 91 à 75 millimètres aux extrémités.

Les soutes à poudre, les projectiles, les torpilles, etc., sont également sous le pont blindé et une protection complémentaire est assurée par les soutes à charbon qui s'étendent sur la longueur de la machine au-dessus et au-dessous du pont, ainsi que le long des côtés de la machinerie. Ces soutes sont divisées par des cloisons étanches, de façon à réduire l'envahissement de l'eau en cas de brèche.

Deux tourelles barbettes blindées, en acier harveyé à 152 millimètres, l'une à l'avant sur la dunette, l'autre à l'arrière.

Le blockhaus, placé à l'avant du pont supérieur, est de forme circulaire, avec 2^m,90 de diamètre intérieur; il est blindé en plaques compound de 304 millimètres et relié à la partie du navire au-dessous du pont cuirassé par un tube de 0^m,228 de diamètre blindé à 228 millimètres; les tubes à munitions sont blindés à 150 millimètres, ainsi que les casemates abritant les canons.

Les soutes de l'avant et de l'arrière sont reliées par deux passages latéraux aménagés sous le pont blindé comme sur les cuirassés de la classe *Majestic*.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion et quatre cylindres,

du type pilon, de chacune 12500 chevaux, logées dans deux compartiments distincts séparés par une cloison médiane longitudinale.

Les dimensions des cylindres sont :

HP 1^m,443; MP 1^m,778; BP (2) 1^m,930

La course des pistons est de 1^m,219.

Les cylindres HP sont placés vers l'avant; ils sont pourvus de distributeurs à piston, tandis que les autres cylindres ont des tiroirs plans à trois orifices.

La région occupée par les machines et chaudières s'étend sur une longueur de 76^m,50; elle est divisée par une cloison médiane longitudinale et par diverses cloisons transversales en dix compartiments dont deux pour les machines et huit pour les chaudières. Toutes les cloisons sont disposées de manière à coopérer au soutien du pont blindé.

Les arbres porte-hélices sont creux et mesurent 440 millimètres de diamètre à l'extérieur du navire, 300 à l'intérieur; les deux hélices sont établies avec moyeu en bronze à canon et trois ailes en bronze au manganèse : elles ont 5^m,94 de diamètre et tournent en sens contraire. Il n'y a pas moins de 85 machines à vapeur auxiliaires, dont douze pour les ventilateurs des cendriers.

La vapeur est fournie par 48 chaudières Belleville sans économiseurs réparties dans huit chambres de chauffe disposées symétriquement de part et d'autre de la cloison médiane longitudinale.

Les quatre premiers compartiments, à partir de l'arrière, comprennent chacun 8 chaudières en trois groupes, (deux chaudières côte à côte pour les groupes avant et arrière : deux paires de chaudières dos à dos au centre) : les 16 autres chaudières sont réparties dans les quatre chambres avant, par paires, de chaque côté de la cloison médiane longitudinale. Quatre cheminées ovales placées dans l'axe débouchent à 24^m,38 au-dessus de la grille.

La surface de grille est de 204^{m²},38 et la surface de chauffe de 6 298^{m²},6.

Chaque chaudière est pourvue de cinq tuyères placées sur la devanture, au-dessus des portes et pouvant lancer de l'air comprimé pour le tirage forcé.

La vapeur est produite à 18^{kg},3, mais des détendeurs ramènent la pression à 14^{kg},75 avant introduction dans les machines.

L'approvisionnement en combustible est de 4 500 tonnes; il peut être porté à 3 000. Le rayon d'action est de 25 000 milles à 10 nœuds, avec toutes soutes pleines.

Le poids des machines est de 2 270 tonnes et celui des chaudières de 1 182 tonnes pour le *Powerful*; pour le *Terrible*, les chiffres correspondants sont 2 260 et 1 166 tonnes.

Le tableau suivant résume les résultats des essais du *Terrible*, pratiqués en 1898 :

DATE DE L'ESSAI.	4-7 Mai.	25-27 Juin.	43-46 Août.	29-31 Août.	43 Septembre.	44 Septembre.
LIEU DE L'ESSAI.	MANCHE.	DÉTROIT de Gibraltar.	MANCHE et ATLANTIQUE.		MANCHE.	MANCHE.
Durée (heures)	60	60	60	60	8	4
Tirant d'eau. { Avant.	8 ^m ,57	8 ^m ,58	8 ^m ,10	8 ^m ,35	8 ^m ,38	8 ^m ,17
{ Arrière	8 ^m ,97	8 ^m ,97	8 ^m ,94	8 ^m ,99	8 ^m ,99	8 ^m ,97
Pression aux chaudières.	15 ^{kil} ,2	16 ^{kil} ,2	15 ^{kil} ,6	16 ^{kil} ,4	16 ^{kil} ,9	16 ^{kil} ,9
Vide aux condenseurs (millim.).	678	672	660	647	635	635
Nombre de tours.	64	81,26	93,66	98,38	104,2	108,6
Puissance moyenne indiquée (ch*).	5 084	10 246	15 554	18 515	23 050	25 115
Distance totale parcourue (milles marins)	758,4	1 020	1 176	1 218	"	"
Vitesse moyenne (nœuds)	12,64	17	19,6	1 ^{re} 30 h. = 20,1 2 ^e 30 h. = 20,5	20,7	22
Consommation totale de charbon pendant l'essai (tonnes métr.).	318	527	832	1 098	"	"
Consommation par cheval indi- qué et par heure	1 ^{kil} ,043	0 ^{kil} ,857	0 ^{kil} ,889	0 ^{kil} ,984	0 ^{kil} ,970	0 ^{kil} ,957
Nature du charbon.	Gallois bon, mais petit.	Gallois bon.	Gallois 6 à 7	Gallois 5 à 6 petit et de bonne qualité.	Gallois petit.	Gallois petit.
État de la mer.	Bon.	Calme.	Bon.	Un peu houl.	Calme.	Calme.
Vent (force)	2 à 5	1 à 2	"	1 ^{re} 30 h. — 5 à 6 2 ^e 30 h. — 3 à 2	1 à 2	1 à 2

L'essai de 4 heures à 25 000 chevaux a été entravé par un brouillard qui a forcé de l'interrompre; les chiffres ci-dessus sont les moyennes des deux parcours.

Le *Terrible* a fait en outre le voyage, aller et retour, de Gibraltar en mai-juin 1898; l'aller a été accompli en 68 heures avec une puissance de 10 246 chevaux (81,26 tours) et une vitesse moyenne de 17 nœuds; la consommation de charbon a été de 0^k,856. Au retour, le navire a marché pendant 3 heures à 17 000 chevaux (à cette puissance, les vibrations constatés à 15 000 chevaux disparaissent complètement), fournissant une vitesse de 20 nœuds; mais des déficiences ayant été constatées dans le cylindre HP, le voyage fut achevé à 7 000 chevaux et 15 nœuds.

Le 27 novembre, *Terrible* partait à 14 heures du matin de Portsmouth pour Malte. Marchant à 18 nœuds, il passait à Gibraltar le 30 novembre à 6 heures du matin; de Gibraltar à Malte, il maintint une vitesse de 21 nœuds et demi pendant 18 heures, mais l'échauffement d'un coussinet l'obligea à ne marcher

qu'avec une seule hélice (14 nœuds); le voyage s'acheva à la vitesse de près de 22 nœuds.

Voici pour le *Powerful* des chiffres empruntés au rapport officiel de l'Amirauté (19 juillet 1899) :

Durée des essais.	Pression aux chaudières. kil.	Vide dans les boîtes à fumée. millim.	Nombre de tours.	Puissance en chevaux indiqués.	Vitesse.	Consommation de charbon par heure et par cheval. kil.
30	15,8	7,6	67,2	5 044	14,347	1,179
30	16,3	10,4	102,8	18 459	20,957	0,830
4	16,6	8,6	109,6	22 725	»	0,871
4	18,1	8,4	114,4	25 900	21,8	0,998

Armement. — L'artillerie comprend :

2 canons de 234 millimètres en tourelles barbettes de forme circulaire, à

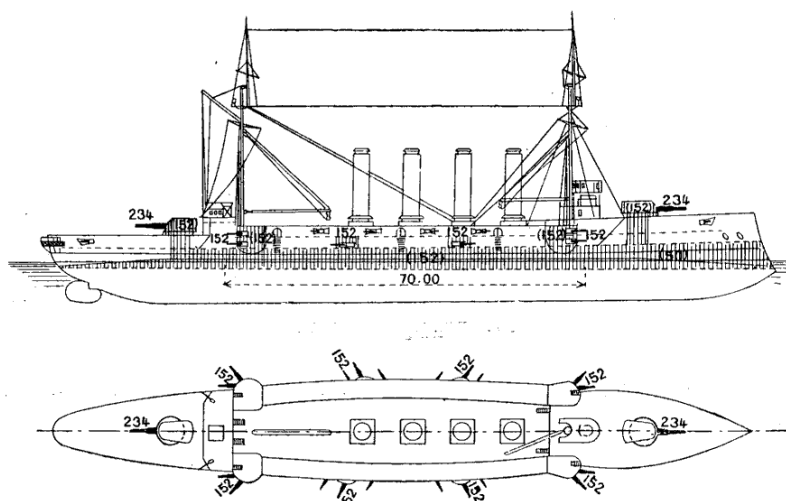


Fig. 47. — *Terrible*, croiseur protégé de 1^{re} classe.

l'avant et à l'arrière, dans l'axe, avec commandement de 9^m,90 à l'arrière et 11^m,45 à l'avant. Des boucliers en forme de dôme recouvrent les canons et tournent avec eux. Manœuvre à la main ou par l'électricité;

12 canons de 152 millimètres à tir rapide, en casemates pentagonales cuirassées en acier harveyé de 152 millimètres tout autour du canon. Ces pièces se répartissent de la façon suivante :

4 (2 de chaque bord) en arrière de la pièce de 235 de chasse, à peu près par le travers du mât de misaine; les casemates, contenant chacune un canon, sont disposées l'une au-dessus de l'autre. Les deux pièces les plus basses sont in-

stallées sur le deuxième pont, au-dessus du pont protecteur; les deux autres pièces sur le pont des gaillards qui se trouve le troisième au-dessus du pont protecteur, à 6^m,85 au-dessus de l'eau. Dans chacune des quatre casemates, un sabord d'angle permet le tir par le travers et le tir en chasse directe;

4 pièces disposées d'une façon analogue à peu près par le travers du grand mât, avec cette différence que les sabords d'angle permettent le tir par le travers et le tir en retraite directe;

4 dans des casemates (2 chaque bord), situées sur le deuxième pont au-dessus du pont blindé, c'est-à-dire sur le même pont que les 4 pièces inférieures des deux groupes avant et arrière, à 4^m,40 au-dessus de la flottaison.

Sur chaque flanc, la distance qui sépare les deux pièces de 152 millimètres avant, des deux pièces 152 arrière, est divisée en trois parties à peu près égales par les deux casemates des deux autres canons de 152.

16 canons de 76 millimètres, répartis ainsi :

4, tout près de l'étrave, disposés et répartis comme le groupe des 4 pièces de 152 de chasse; elles tirent par le travers et en chasse directe;

4 à l'extrême arrière, également sur deux étages;

8 sur le pont des gaillards (4 de chaque bord), tirant par des sabords pratiqués dans les hauts pavois supportant les deux ponts d'embarcation qui, larges de 4^m,88 chacun, réunissent, comme le feraient deux passerelles, la teugue et la dunette;

12 canons de 47 millimètres;

9 mitrailleuses;

4 tubes lance-torpilles sous-marins.

L'équipage comprend 900 hommes.

DIADÈME

(1896).

Les premiers croiseurs de la classe *Diadem*, mis en chantier en 1895-1896, ont été lancés :

Le *Diadem*, aux chantiers de Fairfield le 2 septembre 1896, après moins de 36 semaines;

Andromeda, à Pembroke, en avril 1897;

Niobe, à Barrow, le 20 février 1897;

Europa, aux chantiers de Clydebank en mars 1897.

L'année suivante, une série de quatre autres croiseurs semblables a été mise en chantier et lancée en 1898 :

Argonaute (Fairfield);

Ariadne (Clydebank);

Amphitrite, lancée le 7 juillet 1898 à Barrow, et
Spartiate, lancé à Pembroke le 27 novembre 1898.

Ces croiseurs offrent un franc-bord très élevé, surtout à l'avant; ils portent

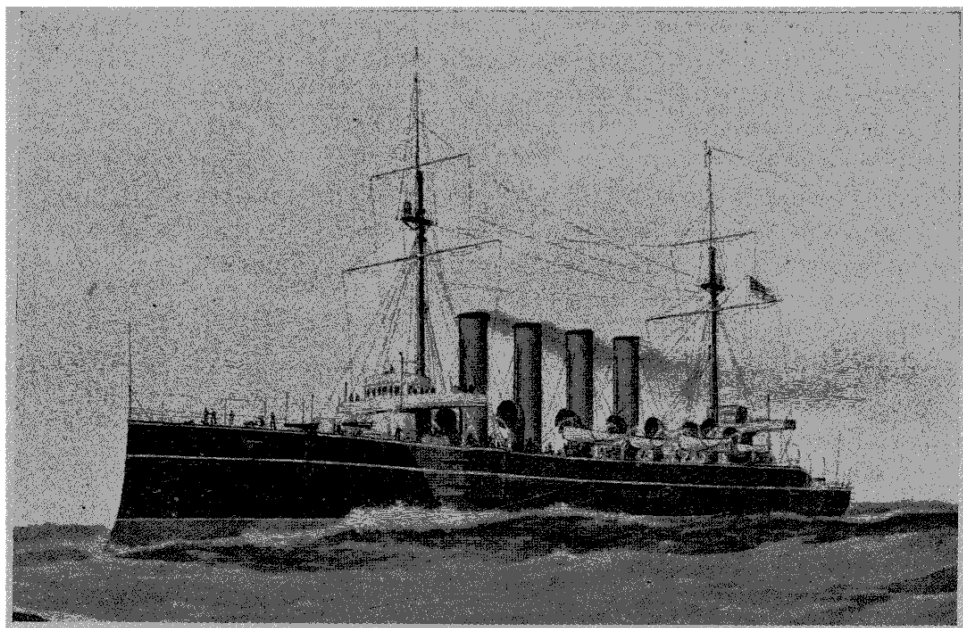


Fig. 48. — *Diadem*, croiseur protégé de 1^{re} classe.

deux mâts légers non agencés pour recevoir des canons à tir rapide. Quatre cheminées dans l'axe.

Dimensions. — Les dimensions principales sont les suivantes :

Longueur totale, hors tout.	140 ^m ,97
— entre perpendiculaires.	132 ^m ,58
Largeur	21 mètres.
Tirant d'eau moyen à charge.	7 ^m ,70
Déplacement correspondant (avec 1 000 tonnes de charbon). . .	11 176 tonnes.

Coque. — Coque en acier Martin Siemens, doublée en bois de teck de 100 millimètres et cuivre, jusqu'à 0^m,45 au-dessus de la flottaison.

Double fond cellulaire sur 87^m,60; compartiments étanches avec cloisonnement longitudinal; étrave en forme d'éperon; quilles latérales de 0^m,90 de haut sur la moitié de la longueur dans la partie centrale.

Protection. — Pont blindé en acier, à forte cambrure, s'élevant à 1^m,06 au-dessus de la flottaison dans sa partie centrale et descendant, en abord à 1^m,83

au-dessous de l'eau. Ce pont a 101 millimètres aux parties inclinées et 63 millimètres aux parties horizontales; d'après *Engineer* (30 décembre 1898), il se relève de 457 millimètres au-dessus des machines. Aux extrémités, le pont blindé s'aplatit et devient entièrement sous-marin. Les chaufferies sont complètement enveloppées par des soutes à charbon, aussi bien sur les flancs que transversalement.

Blockhaus à l'avant, blindé en acier de 300 millimètres.

Deux soutes, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, reliées par deux passages

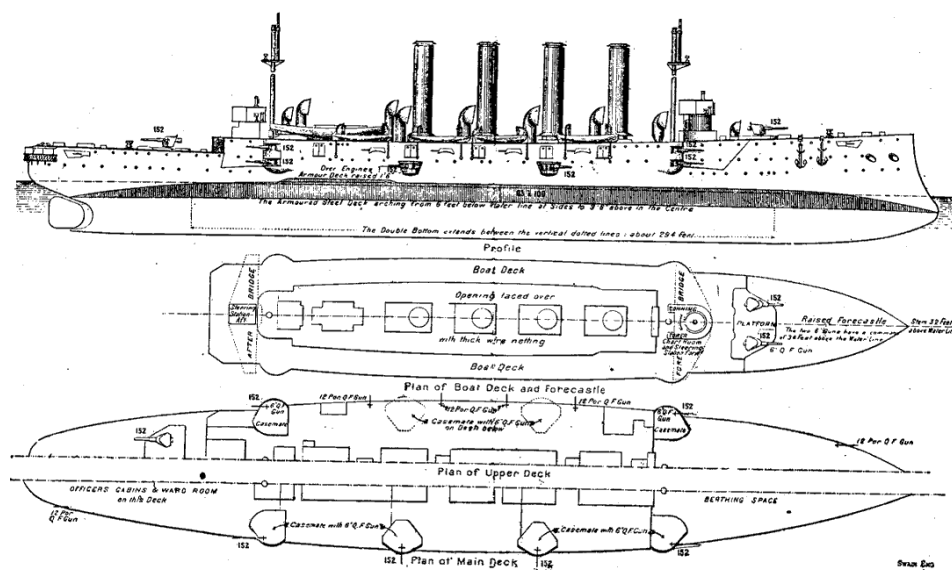


Fig. 49. — *Diadem*, croiseur protégé de 1^{re} classe.

latéraux situés sous le pont blindé; la muraille extérieure de chacun de ces passages se trouve sensiblement à l'aplomb de la brisure du pont blindé.

Machines. — Deux machines à triple expansion à quatre cylindres; les diamètres des cylindres sont : HP 0^m,864, MP 1^m,410, deux BP 1^m,625; course des pistons 1^m,219. Puissance totale 18,000 chevaux, vitesse maximum 20ⁿ,6.

Les hélices ont un moyeu en bronze à canon et trois ailes en bronze manganésifère; leur diamètre est de 5^m,94 et leur pas de 6^m,97.

30 chaudières Belleville avec économiseurs, dont 20 avec huit éléments générateurs et six éléments économiseurs, 6 avec sept éléments générateurs et six éléments économiseurs et les 4 autres avec neuf éléments générateurs et sept économiseurs. Ces chaudières sont réparties dans quatre compartiments étanches et chaque groupe a sa cheminée. La surface totale de chauffe des générateurs et

économiseurs est de 3 767 mètres carrés et la surface de grille de 137 mètres carrés.

La vapeur est fournie à 21 kilogrammes, mais détendue à 17^{kg},5 pour les machines.

L'approvisionnement de charbon est de 1 000 tonnes; il peut être porté à 1 900 tonnes. Le poids des machines est de 1 536 tonnes, celui des chaudières, de 760 tonnes (pour *Diadem*).

Les résultats des essais sont résumés aux tableaux suivants (1) :

	TIRANT D'EAU moyen.	PUISSANCE (CHEVAUX INDIQUÉS).	NOMBRE de TOURS MOYEN.	PRESSION de la VAPEUR aux chaudières. kilogr.	VITESSE. nœuds.	KILOGRAMMES par heure et par cheval.
1 ^{er} Essai de 8 heures à pleine puissance :						
Andromeda	7,69	16 731	117,5	20,1	20,41	»
Europa	»	17 010	112,5	19,6	20,4	»
Niobe	»	16 822	117,5	18,5	20,5	»
Diadem	7,72	17 262	119,1	20,8	20,6	»
Argonaute	»	18 894	128,4	21,0	21,16	»
Ariadne	7,69	19 156	118,9	20,2	20,96	»
2 ^o Essai de 30 heures de consommation :						
Andromeda :						
à 3 300 chevaux.	7,72	3 388	69,2	14,2	12,9	0,898
à 12 500 —	»	12 621	107,1	18,7	19,3	0,789
Europa :						
à 3 300 chevaux.	»	3 302	63,4	14,9	12,75	1,000
à 12 500 —	7,82	12 739	103,8	18,6	19,33	0,880
Niobe :						
à 3 300 chevau.	7,70	3 348	70,1	14,1	12,0	0,798
à 12 500 —	»	12 968	107,5	18,1	19,27	0,703
Diadem :						
à 3 300 chevaux.	7,72	3 318	67,2	»	12,74	1,002
à 12 500 —	7,72	12 813	107,6	19,7	19,79	0,730
Argonaute :						
à 3 300 chevaux.	»	3 814	75,9	18,1	13,31	0,916
à 12 500 —	»	13 815	116,0	»	19,52	0,726
Ariadne :						
à 3 300 chevaux.	7,84	3 754	70,3	15,3	13,15	0,930
à 12 500 —	7,72	14 049	109,2	18,4	19,76	0,785

(1) Document officiel de l'Amirauté (19 juillet 1899). La plupart des vitesses indiquées sont des vitesses de loch qui ne sont pas considérées comme très exactes.

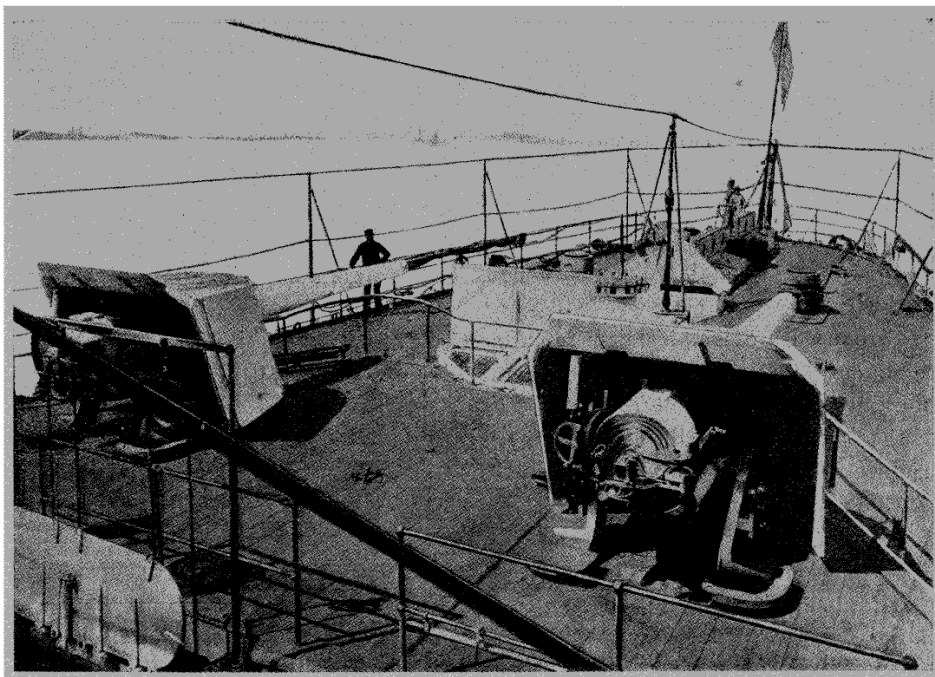


Fig. 50. — *Diadem*. L'arrière.

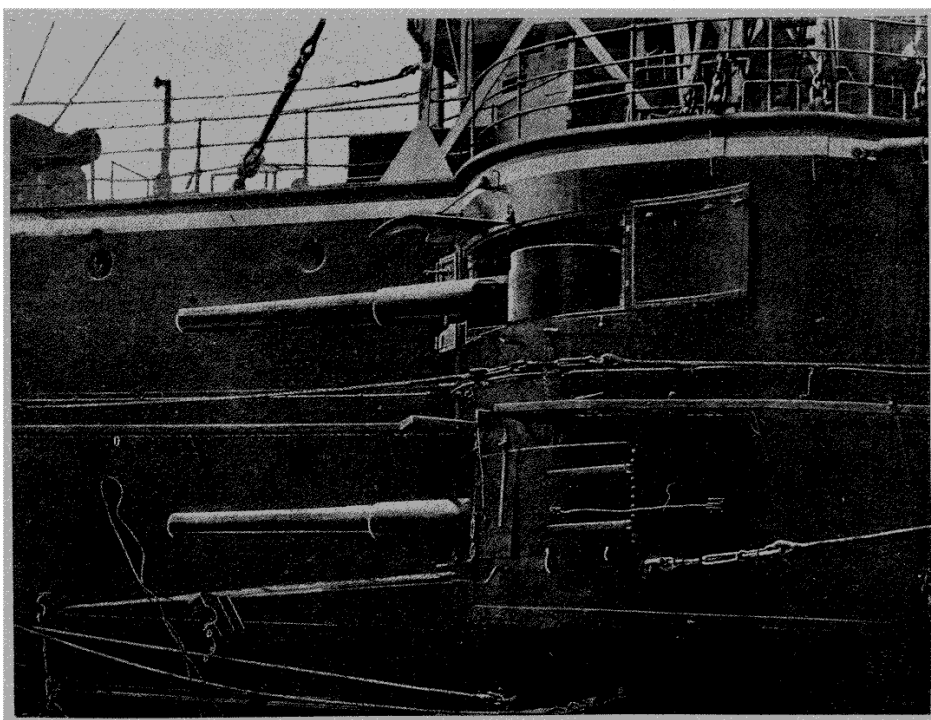


Fig. 51. — *Diadem*. Casemate d'angle.

Armement. — L'armement comprend :

16 canons de 152 millimètres à tir rapide, ainsi répartis :

2 sur le gaillard d'avant, avec commandement de 10^m,36 au-dessus de l'eau, protégés par des masques de 152 millimètres;

8 dans 4 casemates d'angles à deux étages (pont supérieur et pont de la batterie);

4 dans des casemates, dans la batterie principale;

2 sur le pont arrière, avec commandement de 6^m,71, protégés par des masques de 152 millimètres;

14 canons de 76 millimètres, à tir rapide, dont 8 dans la batterie du pont supérieur et le reste à l'avant et à l'arrière sur le pont principal et sur le pont supérieur;

3 canons de 47 millimètres;

8 mitrailleuses Maxim;

2 tubes lance-torpilles sous-marins.

Équipage de 600 hommes.

Croiseurs protégés de 2^e classe.

APOLLO

Cette classe comprend 21 navires :

Aeolus, construit à Devonport, lancé en 1892;

Andromache (Chatham 1890);

Apollo (Chatham 1891);

Brilliant (Sherness 1891);

Indefatigable (Glasgow 1891);

Intrepid (Glasgow 1891);

Iphigenia (Glasgow 1891);

Latona (Barrow 1890);

Melampus (Barrow 1890);

Naiad (Barrow 1890);

Pique (Jarrow 1890);

Rainbow (Jarrow 1891);

Retribution (Jarrow 1891);

Sappho (Poplar 1891);

Scylla (Poplar 1892);

Sirius (Elswick 1891);

Spartan (Elswick 1891);

Sybille (Stephenson 1890);

Terpsichore (Glasgow 1890);

Thétis (Glasgow 1890);

Tribune (Glasgow 1891).

Les dimensions principales sont :

Longueur entre perpendiculaires . .	91 ^m ,50
Largeur.	13 ^m ,30
Tirant d'eau.	5 ^m ,30
Déplacement.	3 500 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond sous les machines; quilles latérales. Compartimentage très développé. Dix de ces navires sont doublés en cuivre.

Protection. — Pont blindé dont la partie centrale, horizontale, s'élève à 0^m,30 au-dessus de la flottaison; les côtés s'inclinent pour venir aboutir à 1^m,20 au-dessous de l'eau.

A l'avant et à l'arrière, le pont blindé est horizontal; vers l'avant, il devient sous-marin. L'épaisseur est de 25 millimètres dans les parties horizontales, et de 52 millimètres sur les pentes.

Les machines, qui font saillie sur le pont, sont protégées à 127 millimètres.

Blockhaus à l'arrière, blindé à 75 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion; cylindres de 0^m,850, 1^m,24 et 1^m,87 de diamètre; course du piston de 1 mètre. Deux hélices en bronze à trois ailes.

Cinq chaudières cylindriques dans deux compartiments étanches contenant l'un deux chaudières à double façade, et l'autre deux chaudières à simple façade et une à double façade. Vapeur à 10^{kg},8; surface de chauffe 1 453 mètres carrés; surface de grilles 53^m²,4.

Le poids des machines est de 760 tonnes, celui des chaudières 441 tonnes.

La puissance est de 7 423 chevaux pour 130,8 tours, de 9 271 chevaux pour 140 tours; ce dernier régime est le régime des essais de quatre heures avec pression d'air de 24^{mm},4 de vapeur à 10^{kil},3 aux chaudières.

Aux essais, pour le *Rainbow* :

Tirage naturel.	7 977 chevaux	19 nœuds.
Tirage forcé.	9 867 —	20 ⁿ ,2

L'approvisionnement de charbon est de 400 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 152, à tir rapide, l'un sur le gaillard d'avant et l'autre sur la poupe, avec masques d'acier;

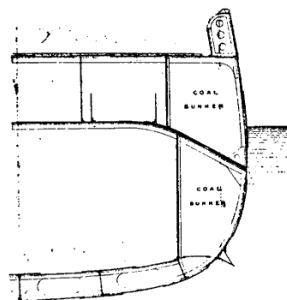


Fig. 52. — *Apollo*, croiseur protégé de deuxième classe. Coupe transversale.

6 canons de 120 sur les flancs, sur le pont supérieur, avec masques d'acier;
8 canons de 57 millimètres, tir rapide;
1 canon de 47 millimètres, tir rapide;
4 mitrailleuses.
Il y a 4 tubes lance-torpilles.
273 hommes d'équipage.

ÉCLIPSE

L'*Éclipse* a été lancé à Portsmouth en 1894, sept mois après sa mise en chantier.

Les autres navires de la même classe sont :

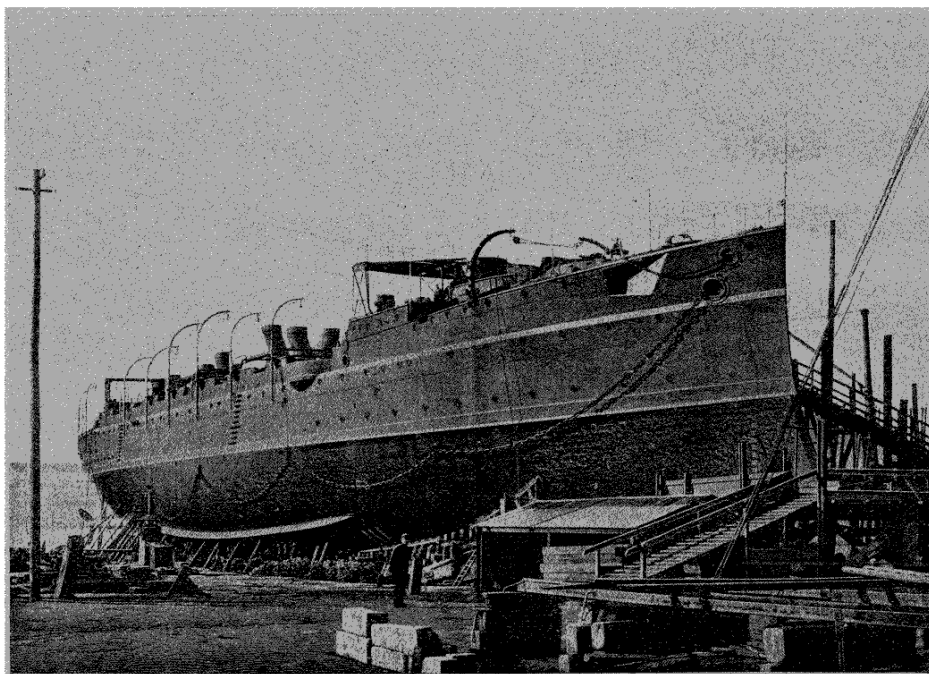


Fig. 53. — *Doris*, croiseur protégé.

Minerva, mis en chantier à Chatham en décembre 1893, lancé le 23 septembre 1895;

Talbot, mis en chantier à Devonport en mars 1894, lancé le 25 avril 1895;

Diana et *Venus*, construits à Fairfield (*Diana* lancé le 5 décembre 1895);

Dido et *Isis*, construits à Glasgow, lancés en 1896;

Doris et *Juno*, mis en chantier à Barrow en octobre 1894, lancés le 3 mars et le 16 novembre 1895;

L'*Hermes*, lancé à Fairfield le 4 avril 1898 ; le *Highflyer*, lancé aussi à Fairfield le 4 juin 1898, et le *Hyacinth*, lancé à Glasgow le 27 octobre 1898, sont également du même type, mais avec artillerie renforcée.

Ce sont des navires de franc-bord assez élevé, doublés en bois et cuivre. Deux mâts militaires en acier ; deux cheminées entre les mâts.

Dimensions :

Longueur	106 ^m ,68
Largeur.	16 ^m ,45
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,20
Déplacement.	5 680 tonnes.

Coque entièrement en acier. Cloisonnement transversal et longitudinal. Double fond sur une longueur de 46 mètres, subdivisé en compartiments étanches. Quilles latérales sur la moitié de la longueur.

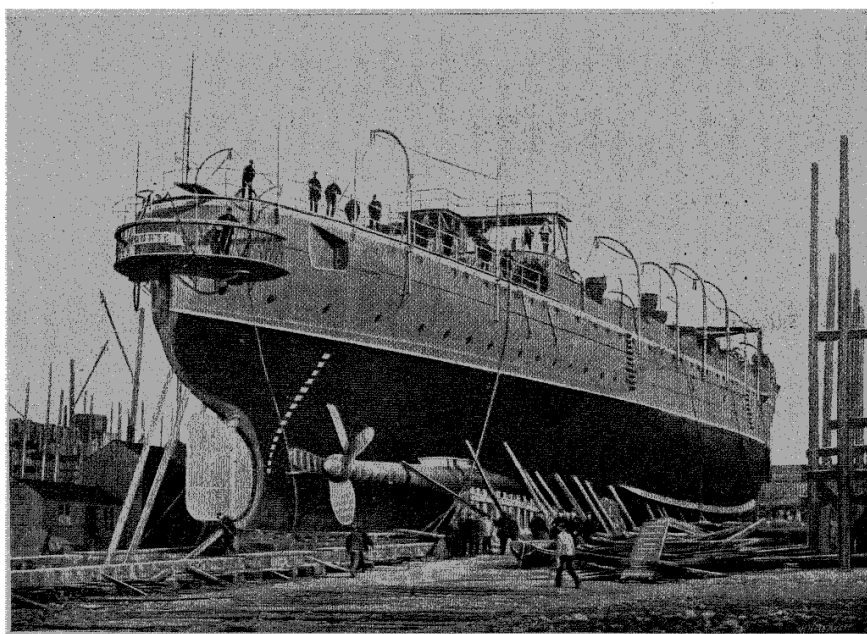


Fig. 54. — *Doris*, croiseur protégé de 2^e classe.

Protection. — Pont blindé, de forme trapézoïdale, de 76 millimètres d'épaisseur maxima, s'étendant de bout en bout. La partie horizontale règne à 0^m,30 au-dessus de la flottaison ; les parties inclinées descendent à presque 45° jusqu'à 1^m,50 au-dessous de la flottaison. Le blockhaus est blindé à 152 millimètres en acier au nickel.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion à trois cylindres, pouvant donner 9 800 chevaux au tirage forcé.

Les diamètres des cylindres sont : 0^m,838, 1^m,245, 1^m,880; la course du piston est de 0^m,990.

Huit chaudières cylindriques à simple façade avec trois foyers, dans deux compartiments, fournissent la vapeur à 10^{kg},9 (1). La surface de grilles est de 55^m²,48 et la surface de chauffe, de 1 712^m²,71 (pour le *Juno*).

Les machines dépassent légèrement le pont; elles sont protégées par un blindage en acier de 127 millimètres, à faces inclinées.

Le poids des machines est de 936 tonnes, et celui des chaudières de 557 tonnes.

L'approvisionnement de charbon est de 550 tonnes, mais il peut être porté à un millier de tonnes.

Voici, d'après les documents officiels, le résumé des essais des divers navires de cette classe :

Essais de 8 heures.

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Pression de l'air. millim.	Nombre moyen de tours.	Puissance (chevaux indiqués).	Vitesse. en nœuds.
<i>Diana</i>	6,25	11,6	136,3	8 252	19,72
<i>Doris</i>	»	11,4	139,8	8 425	19,1
<i>Eclipse</i>	6,25	9,9	134,7	8 236	19,2
<i>Isis</i>	6,25	10,4	136,1	8 208	19,8
<i>Juno</i>	»	10,7	138,5	8 317	18,8
<i>Minerva</i>	»	6,9	127,9	8 216	19,6
<i>Talbot</i>	6,25	10,4	132,0	8 569	19,2
<i>Venus</i>	6,18	11,4	136,9	8 204	19,23

Essais de 4 heures à pleine puissance.

<i>Diana</i>	6,25	32,8	146,0	9 875	20,16
<i>Doris</i>	»	30,4	148,5	9 878	19,7
<i>Eclipse</i>	6,15	23,9	141,7	9 870	20,1
<i>Isis</i>	»	26,7	144,9	9 840	20,1
<i>Juno</i>	6,33	23,4	149,3	9 808	20,0
<i>Minerva</i>	6,13	25,7	137,6	9 902	20,34
<i>Talbot</i>	»	26,9	139,5	9 841	20,0
<i>Venus</i>	6,25	34,0	146,1	9 744	20,18

(1) *Hermes*, *Highflyer* et *Hyacinth* sont pourvus de 18 chaudières Belleville avec économiseurs de 9 éléments chacun; leur vitesse est prévue de 20 nœuds, l'*Hermes* a donné 20ⁿ,5 mesurés au loch aux essais de huit heures avec une pression d'air de 6^{mm},3; la puissance a été de 10 224 chevaux, et le nombre de tours de 182,8. Aux essais de trente heures, la vitesse est tombée à 18ⁿ,8 (au loch) avec 7 713 chevaux et 165,9 tours.

Essais de consommation (30 heures).

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Nombre moyen de tours.	Puissance (chevaux indiqués.)	Vitesse.	Consommation de charbon par heure et par cheval. kil.
<i>Diana</i>	»	116,4	4 916	17,24	0,667
<i>Doris</i>	»	118,7	4 938	16,5	0,667
<i>Eclipse</i>	6,15	116,0	4 855	16,8	0,847
<i>Isis</i>	6,19	117,8	4 925	17,5	0,726
<i>Juno</i>	»	118,4	4 857	16,3	0,744
<i>Minerva</i>	6,04	111,6	4 919	17,52	0,776
<i>Talbot</i>	»	114,2	4 904	16,68	0,835
<i>Venus</i>	»	118,0	4 876	16,8	0,726

Armement. — (1) 5 canons de 152 millimètres à tir rapide, 1 au centre du gaillard d'avant, sur pivot central avec champ de tir de 240°; 1 de chaque côté,

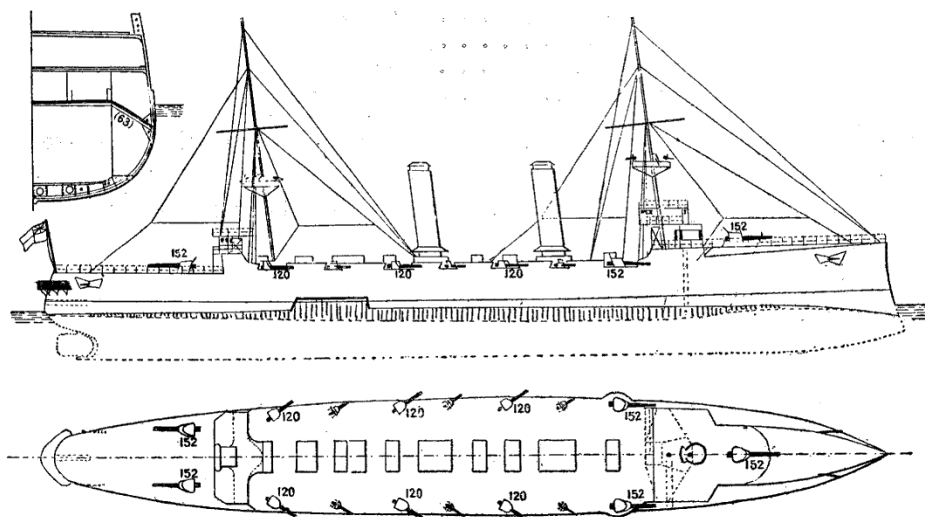


Fig. 33. — *Éclipse*, croiseur protégé de deuxième classe.

en encorbellement, vers l'avant; 1 de chaque côté, à l'arrière du pont supérieur;

6 canons de 120 millimètres, en abord sur le pont supérieur et sur le gaillard d'avant;

8 canons de 76 millimètres, à tir rapide;

6 canons de 47 millimètres à tir rapide;

5 mitrailleuses.

(1) Pour l'*Hermes*, l'*Highflyer* et le *Hyacinth*, l'armement comporte 11 canons de 152, 9 de 76 millimètres, 6 de 47 millimètres et 5 mitrailleuses; il y a 2 tubes lance-torpilles, tous deux sous-marins.

Les canons sont tous protégés par des masques.
 3 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.
 477 hommes d'équipage ; 500 pour la classe *Hermes*.

ARROGANT

Type *Eclipse* modifié, l'*Arrogant* et le *Furious* ont été mis en chantier à Devonport le 10 juin 1895 et lancés, le premier en mai, le second en décembre 1896.

Les autres navires similaires sont :

Gladiator, mis en chantier à Portsmouth en janvier 1896, lancé le 8 décembre 1896 ;

Vindictive, lancé en 1896 à Chatham.

Dimensions :

Longueur	97 ^m ,53
Largeur	17 ^m ,52
Tirant d'eau	6 ^m ,40
Déplacement	5 900 tonnes

Coque en acier. Double fond sur toute la longueur des machines. Éperon puissant cuirassé en acier-nickel, avec avant renforcé. Un mât militaire à l'avant, un mât de goélette à l'arrière. Trois cheminées dans l'axe entre les mâts.

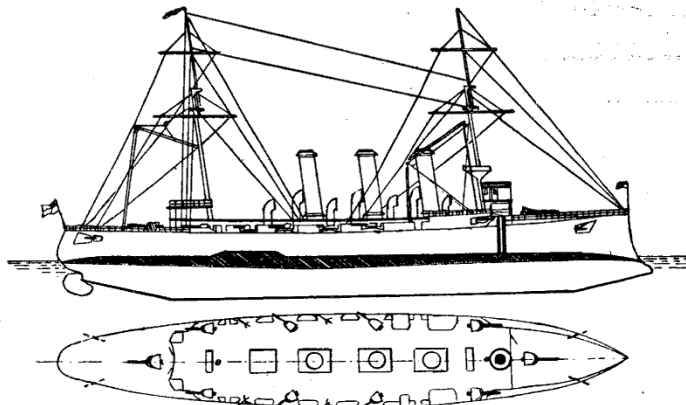


Fig. 56. — *Arrogant*, croiseur protégé de deuxième classe.

Protection. — Pont blindé sur toute la longueur, de 76 millimètres aux parties inclinées et de 38 millimètres à la partie horizontale.

Machines. — Deux machines à triple expansion à trois cylindres, en deux compartiments étanches. Les diamètres des cylindres sont : 0^m,660, 1^m,067 et 1^m,727, avec course du piston de 0^m,990.

Dix-huit chaudières Belleville de huit éléments chacune sans économiseurs en trois groupes égaux dans trois chambres de chauffe indépendantes et séparées par des cloisons transversales étanches. Pression de la vapeur 21 kilogrammes Deux hélices. Le poids des machines est de 818 tonnes, celui des chaudières de 461 tonnes.

Les essais ont donné les résultats suivants :

1° *Tirage naturel.*

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Puissance (chevaux indiqués).	Nombre moyen de tours.	Vitesse. nœuds.
<i>Arrogant</i>	»	7 635	127,7	17,8
<i>Furious</i>	»	7 133	127,9	18,7
<i>Gladiator</i>	6,40	7 149	123,9	17,5
<i>Vindictive</i>	6,35	7 164	125,4	17,7

2° *Pleine puissance.*

<i>Arrogant</i>	»	10 337	140,8	19,6
<i>Furious</i>	»	10 272	140,8	20,1
<i>Gladiator</i>	6,40	10 088	137,4	19,1
<i>Vindictive</i>	6,13	10 263	138,9	20,1

3° *Essais de consommation.*

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Puissance (chevaux indiqués).	Nombre moyen de tours.	Vitesse.	Charbon par cheval et par heure. kilogr.;
<i>Arrogant</i>	»	2 166	87,45	12,5	1,283
<i>Furious</i>	»	2 260	87,5	13,6	1,061
<i>Gladiator</i>	6,40	2 164	80,8	11,8	0,980
<i>Vindictive</i>	6,13	2 153	84,6	12,6	0,980

L'approvisionnement de charbon est de 500 tonnes, mais il peut être porté à 1 000 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 152 millimètres, à tir rapide (1 en chasse; 2 légèrement en arrière et un peu sur le côté, tirant aussi en chasse, 1 en arrière);

6 canons de 120, tir rapide (3 de chaque bord, en batterie);

9 canons de 76 millimètres, tir rapide;

3 canons de 47 millimètres, tir rapide;

5 mitrailleuses Maxim;

2 tubes lance-torpilles sous-marins.

480 hommes d'équipage.

Croiseurs protégés de 3^e classe.

PELORUS

Le *Pelorus* a été mis en chantier à Sheerness le 21 mai 1895 et lancé le 15 février 1896.

Les navires du même type sont :

Le *Proserpine*, qui a remplacé le *Pelorus* sur les chantiers et a été lancé la même année;

Pactolus, en chantier en mars 1896 à Elswick, lancé le 21 décembre 1896;

Pegasus, en chantier à Yarrow;

Psyche, construit à Devonport, lancé le 19 juillet 1898;

Prometheus, construit à Hull, lancé le 19 octobre 1898;

Pyramus, en chantier à Yarrow, lancé en 1898;

Pandora, construit à Portsmouth, lancé en janvier 1898;

Pioneer, construit à Chatham, lancé en décembre 1897;

Pomone, en chantier à Sheerness, lancé en 1897;

Perseus, en chantier à Hull, lancé en 1898.

Dimensions :

Longueur	91 ^m ,44
Largeur	11 ^m ,12
Tirant d'eau	5 ^m ,18 (1)
Déplacement	2 167 tonnes.

Coque. — Coque en acier, doublage en bois et cuivre; le poids de la coque est de 1110 tonnes. Franc-bord élevé surtout à l'avant. Deux mâts légers; deux cheminées entre les mâts.

Protection. — Pont blindé, en dos de tortue, de 51 millimètres d'épaisseur sur les côtés inclinés et de 25 millimètres au milieu. Ce pont s'élève à 0^m,38 au-dessus de la flottaison et descend à 0^m,76 au-dessous en abord; il se relève au-dessus des machines pour envelopper les cylindres.

Machines. — Deux machines à triple expansion, à trois cylindres de 0^m,520, 0^m,838 et 1^m,372 de diamètre, avec course de 686 millimètres, en deux compartiments séparés. Huit chaudières aquitubulaires de types divers (2). La vitesse

(1) Chiffre indiqué par le *Naval Annual*, pour le *Pelorus*, mais la plupart des bateaux de cette classe ont un tirant d'eau sensiblement inférieur.

(2) Le *Pelorus* a des chaudières Normand, le *Pactolus* et le *Pomone* ont des chaudières Blechynden; le *Pegasus* et le *Pyramus* des chaudières Reed; le *Perseus*, le *Proserpine*, le *Prometheus* le *Psyche* des chaudières Thornycroft.

prévue était de 18ⁿ,5 avec 5 000 chevaux-vapeur indiqués, au tirage naturel, et

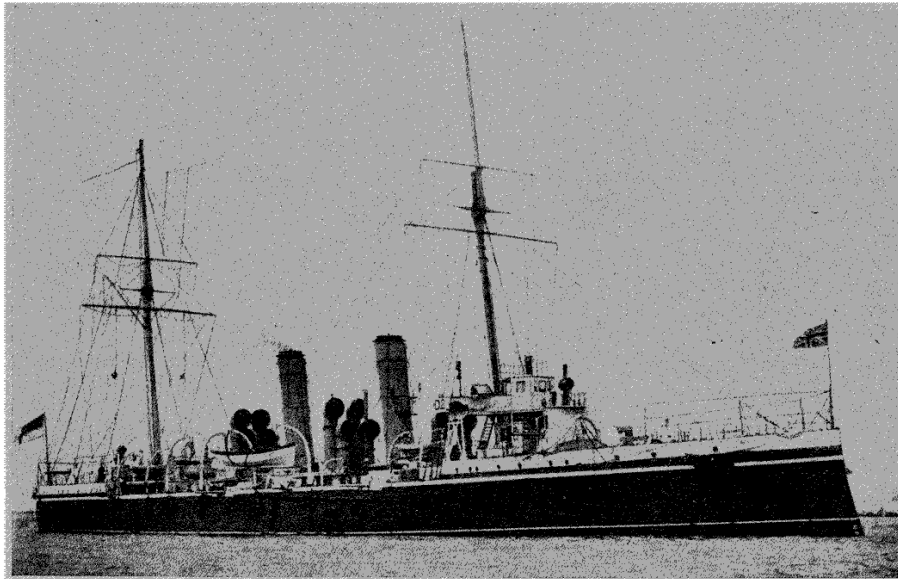


Fig. 57. — *Pelorus*, croiseur protégé de troisième classe.

20 nœuds avec 7 000 chevaux, au tirage forcé. Voici les résultats des essais, d'après les documents officiels :

Essais de 8 heures au tir.

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Puissance totale (chevaux indiqués).	Nombre moyen de tours.	Vitesse. nœuds.	Pression d'air en millimètres d'eau.
<i>Pelorus</i>	»	5 379	188,8	19,0	43,1
<i>Pactolus</i>	4,04	5 428	197,7	19,1	28,1
<i>Pegasus</i>	3,96	5 400	203,2	20,0	21,8
<i>Perseus</i>	»	5 243	195,8	18,9	27,9
<i>Proserpine</i>	4,06	5 336	194,2	19,7	23,9
<i>Pomone</i>	»	5 523	200,9	20,2	35,5
<i>Psyche</i>	»	5 098	194,0	»	»
<i>Pioneer</i>	»	5 263	235,0	17,7	»
<i>Prometheus</i>	»	5 183,6	196,8	19,8	»
<i>Pyramus</i>	4,11	5 424	250,05	19,9	»

Essais de 4 heures au tirage forcé.

<i>Pelorus</i>	»	7 094	217,2	20,8	109,2
<i>Pactolus</i>	4,18	7 201	213,8	20,5	83,8
<i>Pegasus</i>	3,84	7 134	217,7	21,2	62,0
<i>Perseus</i>	4,01	7 068,7	214,7	20,0	»
<i>Proserpine</i>	»	7 145	221,6	21,0	73,6

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Puissance totale (chevaux indiqués).	Nombre moyen de tours.	Vitesse. nœuds.	Pression d'air, en millimètres d'eau.
<i>Pomone</i> . . .	»	7 314	220,3	20,8	70,3
<i>Psyche</i> . . .	»	7 031	217,8	»	94,0
<i>Pioneer</i> . . .	»	7 912	264,5	20,0	»
<i>Prometheus</i> . .	»	7 274,7	222,5	20,8	»
<i>Pyramus</i> . . .	4,14	7 303	220,3	20,7	»

Essais de 30 heures de consommation.

	Tirant d'eau moyen. mètres.	Puissance totale (chevaux indiqués).	Nombre moyen de tours.	Vitesse.	Charbon par heure et par cheval indiqué. kilogr.
<i>Pelorus</i> . . .	»	3 559	162,1	16,13	0,998
<i>Pactolus</i> . . .	4,10	3 631	172,8	16,6	1,116
<i>Pegasus</i> . . .	4,15	3 698	176,4	17,26	0,889
<i>Perseus</i> . . .	»	3 627	174,1	17,2	0,953
<i>Proserpine</i> . .	4,15	3 644	168,7	17,0	1,089
<i>Pomone</i> . . .	»	3 600	175,5	»	1,111
<i>Psyche</i> . . .	»	3 646	170,7	»	1,048
<i>Pioneer</i> . . .	»	3 665	205,8	16,3	0,998
<i>Prometheus</i> . .	4,24	3 556,9	177,2	17,5	0,916
<i>Pyramus</i> . . .	4,33	3 605	176,5	17,5	0,930

L'approvisionnement de charbon est de 250 tonnes.

Le poids des machines varie de 384 tonnes (*Pegasus*) à 414 (*Psyche*) et celui des chaudières de 172 (*Pelorus*) à 196 (*Pomone*).

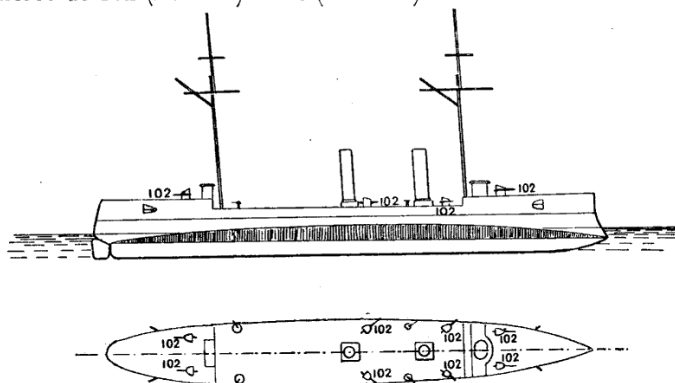


Fig. 58. — *Pelorus*, croiseur protégé de troisième classe.

Armement. — 8 canons de 102 millimètres, à tir rapide, sur le pont supérieur : 2 à l'avant de part et d'autre du blockhaus, 2 à l'arrière et 4 en abord vers l'avant avec champ de tir de 120°;

8 canons de 3 livres (47 millimètres), à tir rapide;

3 mitrailleuses Maxim;

2 tubes lance-torpilles.

Il y a 224 hommes d'équipage.

(A suivre.)

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

Étoiles de mer. — On se sert encore comme engrais marin de l'astérie ou étoile de mer (*Asterias rubens*, L.); ce zoophyte est connu par les cultivateurs sous le nom de *firote*. C'est un excellent engrais, mais dont la récolte offre plus de difficultés que celle du varech : il faut que la mer se retire très loin et qu'elle découvre les rochers pour qu'on puisse aller, à pied ou en voiture, recueillir les astéries. Ordinairement, on monte de petites barques, on s'arme du trident, espèce de fourche à longues pointes de fer que l'on appelle *diquet*, et l'on se dirige vers les bons endroits indiqués par les pêcheurs pour pêcher les fifotes; cette pêche, qui a lieu principalement au moment des grandes marées du printemps, n'est pas très abondante en général.

Les fifotes constituent un très bon engrais, mais elles demandent à être employées avec ménagement, car elles *échauffent* beaucoup la terre. C'est un engrais beaucoup plus riche, surtout en azote, que le varech; il convient aux mêmes plantes, aux céréales notamment, mais spécialement au chanvre et au lin. La charpente osseuse de ces zoophytes est riche en carbonate de chaux.

Moules. — Les moules fournissent encore aux cultivateurs de la côte un excellent engrais pour l'enrichissement de leurs terres. Pour récolter les moules, il faut aller à marée basse sur les rochers à découvert. Il y a quelques années, à la suite de plaintes des pêcheurs, qui attribuaient à cette récolte la destruction du frai et la diminution du poisson, l'administration maritime s'opposa à l'enlèvement des moules. Bientôt, celles-ci se multiplièrent avec une telle rapidité, qu'elles ne tardèrent pas à couvrir tous les rochers, en sorte que les filets étaient coupés, déchirés et la pêche rendue très difficile. Aussi leur récolte fut-elle autorisée comme auparavant.

UNE EXPLOITATION DU LITTORAL

Afin de bien faire saisir la nature de la culture maraîchère, nous allons entrer dans quelques détails sur l'une des meilleures exploitations de la côte, celle

(1) Voir les *Bulletins* de février, mars, avril et juin 1900.

de M. Buhours, qui a obtenu des récompenses dans plusieurs concours. Elle est située à Luc-sur-Mer, à quatre lieues de Caen, le long de cette côte balnéaire si fréquentée pendant la saison d'été. C'est une grande exploitation pour le genre de culture dont nous nous occupons; elle comprend en effet une quinzaine d'hectares, dont une moitié environ est affermée et dont l'autre appartient à la famille Buhours. Elle est composée de parcelles de petite étendue et enchevêtrées dans celles des voisins; il en est d'ailleurs de même pour les autres exploitations maraîchères; ce fait tient au partage qui se produit à la mort du père: chaque enfant prend alors sa part du patrimoine; plus tard, à différentes reprises, il achète avec ses économies des parcelles de terre situées çà et là; telle est l'origine de ces exploitations morcelées.

La maison d'habitation est dans le village de Luc, à l'extrémité, tout à portée des champs; on pénètre d'abord dans une petite cour: on voit, à côté de la maison, un hangar où l'on abrite la charrue et les banneaux, une remise pour loger les vaches laitières en hiver et un ou deux chevaux de labour; dans un coin, le tas de fumier; les greniers sont au-dessus de la maison d'habitation. Les bâtiments d'exploitation sont donc réduits à leur plus simple expression. La famille Buhours est composée du père, de la mère et de leurs trois fils; avec l'aide d'un journalier, ils arrivent, à force de travail, à cultiver dans d'excellentes conditions leurs 15 hectares de terres.

Sauf un peu de lait vendu aux baigneurs pendant la saison, et le produit de deux ou trois veaux, les revenus de l'exploitation viennent directement du sol. Les diverses cultures sont ainsi réparties:

Blé.	4 hectares.	Oignon.	200 perch. (1 ^{hect} , 25 ^a)
Avoine.	4 —	Carottes.	200 —
Orge.	60 perches (37 ^a , 50 ^{ca})	Pommes de terre. . .	160 — (1 hect.)
Seigle.	15 — (9 ^a , 35 ^{ca})	Choux.	40 — (25 ares)
Sainfoin.	430 — (2 ^{hect} , 69 ^a)	Poireaux.	5 — (3 ^a , 10 ^{ca})
Trèfle.	100 — (62 ares)	Haricots.	30 — (18 ^a , 60 ^{ca})
Pois, vesce, moutarde. .	70 — (43 ^a , 50 ^{ca})	Navets.	40 — (25 ares)
Betteraves fourragères. .	25 — (15 ^a , 50 ^{ca})	Salsifis.	15 — (9 ^a , 35 ^{ca})
Betteraves sucrières. .	1/2 hectare.	Persil.	3 — (1 ^a , 90 ^{ca})

Une partie de la culture, celle des navets et des haricots par exemple, est souvent faite en culture dérobée, c'est-à-dire sur une terre qui a déjà produit une récolte de printemps. Le long de la côte, près des falaises qui bordent la mer, se trouvent deux herbages, qui dépendent de l'exploitation; ils ont été créés il y a huit ans; le plus grand a une superficie de 100 perches, l'autre de 30 perches; l'herbe qui y pousse est très savoureuse et convient très bien aux vaches laitières.

Les variétés cultivées sont: pour le blé, le Franc-Blé et le Dattel; pour les

pommes de terre, la Marjolin, la Royal Kidney, l'Early rose, la Saucisse rouge et la Quarantaine; pour les betteraves fourragères, la Jaune longue; pour les navets, le petit navet de Luc et le navet blanc de Lion; pour les carottes, la carotte demi-longue de Luc. — L'assolement usité est le suivant : carottes, oignons, blé ou orge, sainfoin, blé, avoine. — Les engrais employés sont : le fumier, le varech, les moules, le tourteau de colza.

Le matériel de culture est très simple. Il se compose d'une charrue, avec laquelle on laboure près d'un hectare par jour, d'une houe à cheval, d'un rouleau en bois, de trois herbes en bois et d'une charrue-buttoir. Pour sarcler et biner, on se sert de deux petits outils à main, la *broche* et la *rdtissoire*.

L'exploitation possède quatre vaches; pendant la belle saison, elles sont au régime du plein air, jour et nuit dans les champs; on les traite alors trois fois par jour et deux fois seulement en hiver. Pendant la saison des baigns, le lait est vendu 0 fr. 35 le *pot* de deux litres à des marchands qui le revendent à domicile. L'hiver, on rentre les vaches à l'étable; les carottes, les betteraves et les foin de légumineuses forment le fond de leur nourriture. On élève quatre à cinq veaux jusqu'à l'âge de deux ou trois ans et on les engraisse pour les vendre.

Vie laborieuse. — La vie de ces petits cultivateurs est des plus actives et des plus laborieuses. Les cultures si diverses qui, sans interruption, se succèdent les unes aux autres, exigent de leur part des façons répétées, des soins de tout instant. Sitôt levés, dès l'aurore, ils courent aux champs, labourer, herser, semer, sarcler, récolter. La lutte contre les mauvaises herbes rend surtout leur tâche pénible; elles poussent vite et dru sous ce climat humide, sur ce sol fertile, dans ces cultures de petites graines, et chaque jour il faut recommencer le travail de la veille, sarcler sans cesse pour faire disparaître les plantes envahissantes. Les grandes marées arrivent-elles, il faut en profiter et, sans perdre une journée, courir à la côte recueillir le précieux varech, travailler dans l'eau par n'importe quel temps, au prix des plus grandes fatigues; si les travaux de culture ne peuvent être abandonnés à ce moment, il faut retarder de plusieurs jours la récolte du varech, pendant lesquels celui-ci se trouve souvent entraîné ailleurs par les courants et il faut aller parfois le chercher ensuite jusqu'à Courseulles.

Ce dur labeur ne se borne pas là. Les produits une fois récoltés, il faut encore les préparer pour la vente et les conduire sur les principaux marchés, à Caen, à Falaise, à Balleroy, à Littry, etc. La veille du marché, on prépare les paniers, on charge la voiture et l'on s'en va, parfois assez loin; c'est ainsi que Falaise, le marché préféré des Buhours, est à treize lieues de Luc; en partant le vendredi soir vers cinq heures, la voiture lourdement chargée n'arrive que le lendemain matin à Falaise, la journée du samedi se passe au marché et l'on repart dans l'après-midi pour n'arriver à Luc qu'après une deuxième nuit passée en route.

L'activité de cette vaillante population du littoral est d'ailleurs récompensée le plus souvent : les récoltes viennent bien et donnent de beaux rendements ; elles atteignent parfois, dans les meilleures années, une valeur presque égale à celle du sol, et dédommagent ainsi des soins assidus et des frais de main-d'œuvre considérables qu'exigent de si petites cultures.

PRINCIPALES CULTURES DE LA CÔTE

Oignon. — La grande consommation qui est faite de l'oignon dans les usages domestiques en rend la vente assurée ; aussi occupe-t-il une place très importante parmi les cultures de la côte.

On cultive principalement comme variétés : l'oignon blanc hâtif et l'oignon jaune des Vertus, qui jouit d'une grande préférence à cause de sa forte production et de sa conservation facile, c'est un oignon gros, large, aplati. — L'oignon veut un sol bien fumé et bien ameubli ; c'est pourquoi on le sème toujours sur carottes, ce qui est une condition de bon ameublissement (1). Le varech constitue pour l'oignon un excellent engrais ; on le répand à la fin de l'automne sur les carottes ; il se décompose peu à peu, et lorsque celles-ci sont entièrement arrachées, à la fin de l'hiver, on l'enfouit par un labour. Mais le meilleur engrais pour l'oignon est encore le tourteau de colza, la *tourte*, comme disent les paysans ; il revient à 140 francs les 1 000 kilogrammes (2) ; on l'emploie à raison de 1 franc par perche, c'est-à-dire de 1 200 kilogrammes à l'hectare. D'après M. Grandeau, 1 000 kilogrammes d'oignons exportent du sol : 2^{kg},7 d'azote, 2^{kg},5 de potasse, 1^{kg},6 de chaux, 0^{kg},3 de magnésie et 1^{kg},3 d'acide phosphorique ; il faudrait à cette culture : 200 kilogrammes à l'hectare de superphosphate et 200 kilogrammes de chlorure de potassium, appliqués à l'automne, plus 250 kilogrammes de nitrate, semés au printemps, en plusieurs fois, au fur et à mesure de la végétation.

L'oignon est semé à la volée au début du printemps, fin de février-commencement de mars, à raison de 2^{kg} à 2^{kg},5 pour 30 perches, soit 24 kilogrammes à l'hectare ; un homme sème un hectare par jour. On mélange à l'oignon quelques graines de poireaux ; ceux-ci profitent des soins donnés aux oignons et deviennent très beaux. Le mode du semis en lignes espacées de 0^m,25 serait préférable à celui à la volée, car il faciliterait beaucoup l'exécution des binages et sarclages. La graine de semence est produite sur l'exploitation ; on conserve les plus beaux oignons de chaque récolte, ceux qui sont à la fois les

(1) Le colza était autrefois regardé comme un excellent *compost* pour les oignons.

(2) Le colza des Indes ne coûte que 90 à 100 francs les 1 000 kilogrammes, à cause de sa teneur moindre en principes fertilisants.

plus gros, les mieux faits et les plus sains; on les plante en février, en lignes espacées de 60 centimètres avec un intervalle de 15 centimètres sur les lignes; en août suivant, on procède à la récolte en coupant les tiges à 20 centimètres au-dessous des ombelles; on procède au battage pendant l'hiver. Pour 6 perches (360 mètres carrés) il faut de 7 à 800 oignons; ils fournissent ainsi la graine pour l'année suivante. Cette graine est préférable à celle vendue par les marchands, à cause de son acclimatement; elle vaut de 8 à 9 francs le kilogramme.

Une fois le semis effectué, on passe le rouleau. Au bout de deux mois, en mai, tous les oignons sont levés; ils ont alors acquis une certaine force et on les éclaircit. On les sarcle au moins quatre fois jusqu'à leur récolte.

On procède à la récolte à partir de fin août. On a au préalable, au commencement du mois, tordu les fanes dans le but de hâter la maturité et de favoriser le grossissement du bulbe. Les oignons sont arrachés (1) et étalés sur toute la surface du champ, en lignes espacées de 2^m,50. Certains cultivateurs les rassemblent en tas coniques recouverts de paille, qu'on appelle *binots*. Si la pluie survient pendant que les oignons sont ainsi étalés, ils se trouvent entourés d'une légère couche de boue, qui en séchant fait corps avec eux; plus tard il deviendrait impossible de les enlever sans les détériorer, si l'on n'avait soin de procéder le plus tôt possible à leur retournement. Ce travail est long et pénible: les ouvriers se traînent à genoux et retournent les oignons à la main. La pluie vient-elle à retomber le lendemain, le même travail est à recommencer. Le mauvais temps accroît donc le labeur des cultivateurs et ils le redoutent beaucoup au moment de la récolte. D'une façon générale, d'ailleurs, les oignons craignent la pluie; les étés secs leur sont favorables.

Au bout d'une dizaine de jours, la dessiccation est achevée. Les oignons sont alors étendus dans un endroit sec, au grenier ou dans des hangars, sur un lit de paille sèche; on les prend un à un pour supprimer les radicelles qui restent après les bulbes; puis, au moment de la vente, on leur fait subir un ou deux vannages. Tous les quinze jours environ, on les visite, afin de rejeter ceux qui commencent à se gâter. Les cultivateurs attendent, autant que possible, l'entrée de l'hiver pour vendre, les prix étant alors généralement plus élevés.

On récolte en moyenne 6 barretées d'oignons à la perche, ce qui fait 480 hectolitres par hectare. Mais le rendement peut varier du simple au triple, selon les conditions climatiques de la saison. La barretée se vend environ 2 fr. 50, les prix extrêmes allant de 1 fr. 25 à 6 francs; le produit brut par perche est donc de 15 francs ou de 2400 francs par hectare. Mais cette culture demande énormément de soins; c'est la plus assujettissante de toutes.

(1) Lors de l'arrachage, les petits oignons sont mis de côté, pour être vendus aux marchands de graines ou aux particuliers; ils servent pour le repiquage; leur prix varie de 5 à 25 francs l'hectolitre, selon les circonstances.

Carottes. — La variété cultivée est la *carotte rouge demi-longue à bout rond dite de Luc*, qui est très appréciée; elle est très rustique, de bon rendement et répond bien par la régularité de forme de sa racine, l'absence de cœur ou creux dans le collet et la finesse de son goût, aux conditions recherchées chez les carottes potagères.

La carotte exige une terre excessivement meuble et bien préparée, pour favoriser le développement du pivot de la racine; on donne à cet effet deux labours avant l'hiver et quatre au printemps. La carotte vient généralement après le blé, parfois après l'avoine ou le sainfoin. Certains cultivateurs font à tort carottes sur carottes, afin de profiter de la propreté du sol; le rendement de la deuxième récolte est un peu inférieur en quantité à celui de la première, mais la qualité laisse beaucoup à désirer. La terre doit être bien fumée; le varech n'est pas très avantageux, c'est le fumier de ferme qui convient le mieux aux carottes; on le répand en mars.

La carotte est semée à la volée dans la dernière semaine de mai, à raison d'une livre et demie par 30 perches, c'est-à-dire 4 kilogrammes par hectare. On donne un hersage avant les semailles, puis un second après, et on écrase enfin par un coup de rouleau les dernières mottes qui se trouveraient encore sur le sol.

Au bout de cinq à six semaines, les carottes sortent de terre; lorsqu'elles ont 4 centimètres de hauteur, on les éclaircit, en laissant une distance de 12 à 15 centimètres entre les plantes. On sarcle une première fois en juin et deux fois en juillet. Puis on laisse ainsi les carottes jusqu'au moment de leur récolte, qui commence en octobre (1).

On arrache les carottes au fur et à mesure des demandes, jusqu'en mars et avril, au lieu de les mettre en silos. On préfère courir le risque de laisser détruire toute la récolte par les gelées que d'avoir chaque année un certain nombre de racines altérées et pourries dans les silos; les carottes se conservent, paraît-il, beaucoup mieux en terre, mais il serait moins aléatoire de recourir à la mise en silos que de se fier entièrement aux conditions climatiques. Le procédé qui consiste à stratifier les racines par lits successifs séparés par une couche de sable conviendrait très bien à la carotte demi-longue de Luc; il est vrai qu'il faudrait disposer des locaux nécessaires.

Le produit obtenu est de 10 à 12 barretées à la perche; la barretée pèse de 28 à 30 kilogrammes. Le rendement à l'hectare est donc d'environ 55 000 kilogrammes, qui se vendent à raison de 20 à 25 francs les 1 000 kilogrammes. Le

(1) La carotte étant une plante bisannuelle, on repique au printemps les plus belles racines de la récolte précédente afin d'obtenir la graine; elle est recueillie à la fin d'août, puis on la met à sécher dans les greniers. Mais beaucoup de cultivateurs renouvellent chaque année leur semence en l'achetant chez les grainetiers de Caen ou des environs. Le prix moyen de cette semence est de 8 francs le kilogramme.

produit brut à l'hectare est ainsi de 1 350 francs; les frais généraux s'élevant à 650 francs environ, il reste un bénéfice net de 700 francs.

Navet. — La culture du navet est une des plus faciles et des plus rémunératrices. Les principales variétés cultivées sont : le navet blanc long, hâtif et le blanc rond à collet rose. Le navet de Maltot est aussi cultivé; c'est une vieille variété qui n'est pas sans mérite, quoique d'une couleur grisâtre ou d'un blanc sale, ayant la racine assez longue, irrégulière, souvent garnie de chevelu; sa chair est très sèche et ferme. Quant aux fameux petits navets blancs de Luc, leur culture est loin d'être abandonnée; cette variété, de très petites dimensions et de forme irrégulière, est renommée pour la délicatesse de son parfum que les amateurs apprécient fort; mais on lui reproche son peu de rusticité et la faiblesse de son rendement. On cultive aussi un peu le navet de Rouen, dont la grosseur est tentante pour l'acheteur.

Le navet demande une terre bien fumée, convenablement ameublie et exempte de mauvaises herbes; il trouve dans les couches inférieures du sol la fraîcheur qui lui est nécessaire pour résister aux sécheresses de l'été. On le sème quelquefois de juillet à fin août, en culture dérobée, après les récoltes de céréales; il acquiert tout son développement au bout de 40 à 45 jours; mais on le sème généralement après des plantes fourragères ou du seigle consommés en vert. On doit semer très clair et, lorsque les plantes commencent à lever, il faut éclaircir vigoureusement. On récolte dès le commencement d'octobre, mais on peut laisser le navet en terre et ne le prendre qu'au fur et à mesure des besoins, lorsque les grands froids ne sont pas trop à redouter. Le prix de l'hectolitre est très variable; il est en moyenne de 6 francs.

Pomme de terre. — La culture de ce précieux tubercule est assez développée au voisinage de la côte; elle pourrait l'être beaucoup plus, si l'on songe au débouché assuré qu'offre l'Angleterre à la production des variétés hâtives notamment. Le Cotentin peut d'ailleurs être proposé comme exemple : la culture de la pomme de terre dans l'arrondissement de Valognes donne lieu à un important mouvement d'affaires avec l'Angleterre, principalement par les ports de Barfleur, de Saint-Waast et un peu par Cherbourg; on y cultive des variétés peu nombreuses : la Saint-Jean, variété très précoce, avec laquelle débutent les envois par mer; l'Œil bleu, la Marjolin hâtive, la Quarantaine, la Chardon, la Saucisse rouge. La plantation est effectuée de très bonne heure, aussitôt après la fin des grands froids, en terre généralement bien préparée et fortement fumée. La germination préalable, opérée en cave ou en chambre chaude, est d'un usage courant. Les expéditions commencent vers le 25 juin. — Il devrait en être de même pour tout le littoral du Calvados et pour une grande partie de la plaine de Caen. En cultivant en plus forte proportion des variétés hâtives, les cultivateurs pourraient, en les livrant à la consommation comme pommes de

terre nouvelles, réaliser des bénéfices très avantageux; les races précoces, de productivité médiocre, dont les tubercules apparaissent de bonne heure sur le marché, se maintiennent en effet toujours à des cours élevés par suite de la demande dont elles sont l'objet, eu égard à la faiblesse de l'offre. En devenant le centre d'une production bien entendue, la plaine de Caen trouverait une source nouvelle de revenus, ainsi que de grands avantages culturels par suite de l'introduction d'une plante sarclée dans l'assolement. Malheureusement, les cultivateurs ne comprennent pas leurs intérêts; la pomme de terre n'est pas en faveur auprès d'eux et sa culture n'a guère de chances de se développer.

On plante la pomme de terre en mars; il faut une terre meuble: on donne, comme pour la carotte, deux labours avant l'hiver et quatre au printemps. Dès le mois d'avril, on sarcle les pommes de terre; on leur donne un second sarclage dans le courant de juin. Le rendement est de quatre barretées à la perche, soit 300 hectolitres environ à l'hectare.

Haricots. — Les seules variétés de haricots cultivées en grand dans la basse plaine de Caen sont: le gros haricot blanc ou « haricot indigène » et un haricot blanc jaunâtre un peu moins apprécié, nommé « pois coco ».

Les haricots veulent une terre fraîche, bien ameublie et préparée par au moins quatre labours, dont deux avant l'hiver et deux au printemps. Le dernier se fait au commencement de mai, époque des semailles. On fume au second labour, dans la première quinzaine de décembre, avec du fumier pailleux.

Les haricots aiment de préférence les terres franches; on les sème quelquefois après une céréale, mais ils viennent mieux à la suite d'une récolte sarclée (on les fait surtout après l'oignon). Les semis doivent être pratiqués par un temps chaud; si l'atmosphère est froide ou trop humide, ils réussissent mal, quelle que soit d'ailleurs la nature du sol, et quelque préparation que celui-ci ait reçue. On sème à la main et en lignes, en laissant entre les lignes un espacement d'au moins 30 centimètres; on emploie environ 163 litres de semence par hectare.

Lorsque les haricots sont levés, il faut sarcler et biner, biner surtout si la surface du sol a été battue par de fortes pluies; les soins à donner pendant la végétation sont d'ailleurs peu nombreux, quelquefois un seul binage suffit.

La récolte des haricots se fait à la fin du mois de septembre, lorsque les tiges et les cosses sont blanches. On les arrache à la main et on les laisse en andains sur le champ jusqu'à ce que la paille et le grain soient bien secs; parfois, surtout si le temps est humide, on les met aussi en petites meules circulaires, que l'on recouvre d'un chapeau de paille; puis on lie les haricots en bottes et on les rentre soit dans les granges, soit dans les greniers; il faut toujours avoir bien soin de les préserver de l'humidité. On les bat au fléau; après quoi, on vanne les grains et on les passe au crible à mains.

Les tiges sont généralement brûlées à la cuisine chez les petits cultivateurs, ou abandonnées aux ouvriers. Les déchets du battage sont jetés sur la fumière; d'après Isidore Pierre, 33 kg,5 de ces résidus équivalent, par leur azote, à 100 kilogrammes de fumier de ferme.

Un hectare produit 25 hectolitres de haricots, qui se vendent en moyenne 30 francs l'hectolitre, et donnent ainsi un produit de 750 francs. Les frais de cette culture pouvant être évalués à 475 francs, il reste un bénéfice net de 275 francs.

Poireau. — On cultive une seule variété, le poireau de Carentan; le poireau de Rouen, de très gros diamètre, n'est plus cultivé. — On sème à la volée, en mars, sur place. Les jeunes plants exigent les mêmes soins que ceux d'oignon. Les poireaux ainsi obtenus, sans repiquage, sont moins volumineux, mais n'en conservent pas moins toute leur qualité culinaire. L'arrachage a lieu en automne.

A ces diverses cultures, certains cultivateurs maraîchers ajoutent celles des choux, des artichauts et même du persil.

La douceur du climat permettrait de se livrer le long de la côte à la culture des choux de printemps, avec le même succès que sur les côtes de Bretagne et du Cotentin, où l'on produit en grand en vue de l'exportation et de l'approvisionnement de Paris, des îles anglo-normandes et de l'Angleterre. On pourrait choisir les variétés cultivées dans le Cotentin : les choux de Tourlaville, d'Ingreville, le Baccalan hâtif; ces choux, semés dans la dernière quinzaine du mois d'août, peuvent être vendus dès la fin de mars.

Emploi des engrais concentrés. — Nous avons vu que les engrais employés par les cultivateurs de la côte étaient principalement le fumier et le varech. D'engrais concentrés, peu ou point; il faut cependant signaler l'usage assez restreint du tourteau de colza. Cela est insuffisant, et l'on pourrait obtenir des résultats remarquables en appliquant rationnellement les engrais concentrés à la production des légumes en plein champ. Ce mode de production, applicable seulement à certaines espèces peu délicates, médiocrement exigeantes et de conservation relativement facile, ne diffère pas sensiblement de celui de la grande culture proprement dite, obtentrice de fourrages de céréales et de plantes industrielles; il a recours aux mêmes procédés, aux mêmes moyens pour la préparation des terres, les semailles, les soins d'entretien des emblavures, la récolte des végétaux. Les engrais concentrés lui conviennent donc au même titre, comme complément du fumier de ferme ou des engrais organiques dont dispose l'exploitant.

D'après M. Wagner, directeur de la station agronomique de Darmstadt, qui a

fait de nombreuses expériences sur ce sujet, voici quelles seraient les quantités d'engrais chimiques convenant aux légumes cultivés en plein champ :

aux *plantes à racines alimentaires*, carottes, navets, salsifis, etc., donner par hectare 200 kilogrammes de superphosphate double à 45 p. 100 d'acide phosphorique ou 550 kilogrammes de superphosphate à 16 p. 100 + 250 kilogrammes de chlorure de potassium, à enfouir en automne ou au printemps; répandre en outre 150 kilogrammes de nitrate de soude lors des semailles; quinze jours ou trois semaines après la levée, renouveler pareille fumure et la répéter encore trois semaines plus tard; en tout 450 kilogrammes de nitrate;

aux *oignons*, fournir mêmes engrais potassiques et phosphatés; avant le semis, répandre 100 kilogrammes de nitrate de soude et herser, 100 kilogrammes quinze jours après la levée, puis 50 kilogrammes deux semaines plus tard.

D'après M. Wagner, la *pomme de terre* redoute le chlorure de potassium, qui ne doit lui être fourni qu'à faible dose; il conseille, pour cette plante, l'épandage en mars d'un mélange de 150 kilogrammes de phosphate de potasse et de 100 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque que l'on enfouit par un hersage.

En 1898, M. Martin, professeur départemental d'agriculture du Calvados, a fait quelques applications d'engrais concentrés aux cultures maraîchères. Ces essais, effectués avec des scories de déphosphoration, ont eu lieu sur l'exploitation Buhours; ils ont porté sur des pommes de terre précoces (*marjolin hâtive*). Une parcelle de 40 perches (1/4 d'hectare), avec scories, a donné 9 720 kilogrammes, alors que la parcelle sans scories n'a donné que 8 500 kilogrammes, soit une différence de 1 220 kilogrammes; or 100 kilogrammes de *marjolin* valent 12 fr. 50. Le bénéfice résultant de l'emploi des engrais concentrés peut donc être très considérable, et il y a lieu d'encourager les cultivateurs à en profiter.

AVENIR DE LA CULTURE MARAÎCHÈRE

Le coup porté par la crise du colza a été vivement ressenti sur le littoral, où cette culture était très développée et très florissante, et le besoin d'une nouvelle plante industrielle ne fut pas long à s'y faire sentir; aussi la betterave à sucre, qui actuellement remplace un peu le colza, fut-elle cultivée tout d'abord dans le canton de Douvres avant de l'être dans le reste de la Plaine. Heureusement la culture maraîchère restait comme autre source de richesse; la concurrence étrangère ne peut s'exercer en effet au même degré sur tous les produits agricoles; certains y échappent dans une large mesure, ce sont ceux qui, se consommant à l'état frais, ne peuvent supporter de longs transports sans que leur valeur ne soit considérablement diminuée; les productions maraîchères, quand elles sont possibles, assurent donc au cultivateur un profit assuré et leur culture est une de celles qui offrent le plus d'avenir.

C'est pourquoi la culture maraîchère à la charrue est et sera toujours prospère le long de la côte; les débouchés ne lui manquent pas : ses produits s'écoulent sur le marché de Caen où ils occupent une place prépondérante; ils s'exportent en outre dans plusieurs arrondissements du Calvados et de l'Orne, ils alimentent notamment les marchés de Falaise et de Vire; ils s'exportent en quantité considérable sur le Havre, par voie de mer (*bisquines*), et fournissent quelquefois au chemin de fer des chargements pour Paris; en 1895, par exemple, le chemin de fer de Caen à la mer a expédié sur Paris 80 tonnes de légumes secs; chaque année, il envoie aux Halles 100 wagons de carottes, de 8 tonnes chacun. Il y a aussi l'Angleterre et même l'Allemagne qui offrent un débouché considérable et dont les cultivateurs n'ont pas su tirer tout le parti nécessaire. En résumé, l'industrie maraîchère est dans une situation très favorable sur le littoral de la Plaine de Caen et elle pourra s'y développer encore avantageusement.

LES ASSOLEMENTS DE LA PLAINE DE CAEN

Les cultivateurs se plaignent du bas prix du blé, de l'élévation des salaires, de la concurrence étrangère. Qu'ils changent de méthodes culturales; qu'ils apprennent à connaître leurs terres, à leur donner les engrais convenables et surtout qu'ils modifient leurs assolements. Ceux en usage actuellement n'offrent plus assez de ressources; il faut les varier, en y introduisant de nouvelles cultures dont les produits soient plus avantageux; le blé revient trop souvent, tous les deux ou trois ans, à moins que le sainfoin ou le trèfle n'en suspendent le retour; d'une façon générale, les cultures sarclées occupent trop peu de place dans les assolements.

L'introduction de la culture du colza avait eu pour effet la suppression de la jachère, et les terres avaient été mieux cultivées, mieux nettoyées, mieux fumées; il faut remplacer cette culture qui se meurt. La betterave est la plante sarclée qui a le plus d'avenir dans la Plaine de Caen; employée uniquement d'abord pour la nourriture des bestiaux, elle prend de plus en plus d'extension comme plante industrielle; tout fait espérer que bientôt des fabriques de sucre et des distilleries s'établiront aux environs de Caen. Une large place réservée à cette culture aurait d'excellents résultats, au point de vue économique comme au point de vue cultural.

Dans la première moitié du siècle, les assolements biennal et triennal étaient seuls usités (1), le premier surtout; l'un et l'autre étaient souvent interrompus

(1) L'usage de la jachère était déjà abandonné.

par les prairies artificielles. Voici des exemples de ces assolements, qui sont restés la base des assolements actuels :

1 ^{re} année. . .	Blé;	1 ^{re} année. . .	Blé;
2 ^e — . . .	Trèfle;	2 ^e — . . .	Avoine ou orge;
3 ^e — . . .	Blé;	3 ^e — . . .	Trèfle;
4 ^e — . . .	Colza, vesces, pois, racines;	4 ^e — . . .	Blé;
5 ^e — . . .	Blé;	5 ^e — . . .	Avoine ou orge;
		6 ^e — . . .	Colza, pois, vesces, etc.
		7 ^e — . . .	Blé.

Dans l'assolement biennal, on laissait subsister le sainfoin pendant trois ou quatre ans, puis on recommençait l'assolement par du blé. Dans l'assolement triennal, on laissait subsister le trèfle pendant deux ans et quelquefois trois ans; ensuite on semait le blé. On voit que, dans ces assolements, le blé était la culture vers laquelle se portaient tous les soins et toutes les prévisions des cultivateurs.

A partir de 1843, lors de la grande extension prise par la culture du colza, on suivit dans la Plaine de Caen un assolement qui avait conservé le cadre triennal, mais qui n'en était pas moins un des assolements alternes les plus intensifs que l'on puisse imaginer. La première sole était toujours consacrée au colza et la seconde au blé (le colza recevait l'engrais de ferme destiné aux deux récoltes); mais la troisième offrait une grande variété : tantôt avoine ou pommes de terre, ou betteraves, ou trèfle, tantôt sainfoin (celui-ci était conservé deux ou trois ans). On suivait souvent des rotations encore plus épuisantes; l'assolement quinquennal suivant était très répandu : 1^o colza; 2^o blé; 3^o colza; 4^o blé; 5^o sainfoin (deux ans). Ou bien : 1^o colza; 2^o blé; 3^o colza; 4^o blé; 5^o sainfoin (deux ans); 6^o blé; 7^o colza; 8^o blé. Au moment de la belle période (1854), la rotation suivante se rencontrait fréquemment : 1^o colza; 2^o colza; 3^o blé; 4^o sainfoin. On ne pouvait maintenir de tels assolements qu'à force d'achats d'engrais artificiels, surtout de tourteaux de colza.

A la suite de la crise persistante qui sévit sur le colza depuis trente ans, les assolements de la Plaine de Caen sont privés de cette excellente culture et à l'heure actuelle rien ne l'a encore remplacée. M. Risler propose aux cultivateurs de la plaine d'imiter les fermiers anglais, qui ne cultivent pas de colza, quoiqu'ils achètent, pour nourrir leur bétail, beaucoup de tourteaux de provenance allemande, belge ou même française, et quoique la Grande-Bretagne importe aussi beaucoup d'huile de colza pour le graissage de ses machines; mais grâce aux prix élevés qu'ils obtiennent de leurs animaux, ils trouvent plus de profit à ne faire, outre les céréales, que des racines et des fourrages qui occupent au moins la moitié de la surface qu'ils cultivent. L'élevage du cheval de demi-sang présente,

il est vrai, quelques obstacles à l'extension des plantes-racines dans les assolements de la Plaine de Caen.

L'assolement qui offre actuellement le plus de généralité est encore l'assolement triennal suivant :

- 1^o prairie artificielle ou plante sarclée;
- 2^o blé;
- 3^o avoine.

Le quart des terres labourables est le plus souvent affecté à la culture du blé, un tiers environ à celle des autres céréales (avoine, seigle ou orge) et du sarrasin. Le reste est réservé pour l'établissement des prairies artificielles et des plantes sarclées.

L'assolement suivi à Garcelles est de six ans :

- 1^{re} année : en tête de l'assolement vient une plante sarclée, colza, betterave ou pomme de terre;
- 2^{re} année : blé;
- 3^{re} année : avoine de printemps, dans laquelle on sème la graine de sainfoin;
- 4^e et 5^e années : sainfoin;
- 6^e année : blé.

Chaque année, il se fait un certain nombre d'hectares : de trèfle incarnat, pâturés au piquet par les chevaux, qu'on met ensuite dans le sainfoin, dont la première coupe a été récoltée en fourrage, — de seigle en vert, — de maïs-fourrage.

La base de l'assolement appliqué à Fontaine-Henry est une plante sarclée qui revient tous les huit ou dix ans sur la même terre; c'est donc un assolement décennal. Autrefois la plante sarclée principale était le colza; la sole en betteraves, qui occupe quelques hectares, ne peut malheureusement être augmentée actuellement, car l'éloignement des usines ne permet guère de cultiver la betterave à sucre.

Voici le détail de cette assolement :

- | | |
|--|---|
| 1 ^o Colza ou plante sarclée; | 6 ^o Avoine d'été et semis de sainfoin; |
| 2 ^o Blé; | 7 ^o Sainfoin d'un an; |
| 3 ^o Avoine d'hiver et seigle; | 8 ^o — de deux ans; |
| 4 ^o Trèfle incarnat; | 9 ^o Blé; |
| 5 ^o Blé; | 10 ^o Avoine d'été. |

Avec cet assolement décennal, les scories de déphosphoration et le fumier de ferme reviennent tous les cinq ans.

Dans les cantons voisins de la côte, ceux de Douvres et de Creully, où se pratique la culture maraîchère, on suit une rotation basée sur le système quadriennal, d'après la disposition résumée dans le tableau suivant :

	Première sole.	Deuxième sole.	Troisième sole.	Quatrième sole.
1 ^{re} année.	Trèfle, sainfoin, vesce, etc.	Avoine, orge, seigle.	Colza, haricots, etc.	Blé.
2 ^e —	Avoine, orge, seigle. Colza, haricots.	Colza, haricots, etc.	Blé.	Trèfle, sainfoin.
3 ^e année.	Pommes de terre, betteraves, carottes, etc.	Blé.	Trèfle, sainfoin, vesce.	Avoine, orge, seigle.
4 ^e —	Blé.	Trèfle, sainf., vesce.	Avoine, orge, seigle.	Colza, haricots, etc.

INSTRUMENTS AGRICOLES

La vaste Plaine de Caen est très appropriée à l'usage des machines agricoles, et on s'étonne qu'elles n'y soient pas plus nombreuses ni plus perfectionnées. L'emploi des machines agricoles est absolument indispensable pour la culture progressive et intensive à laquelle on doit soumettre maintenant le sol; elles suppléent à l'insuffisance des bras et rendent les travaux des champs moins pénibles; très souvent aussi le travail mécanique est le mieux fait. Les semoirs devraient être d'un usage courant dans la plaine, et ils y sont presque totalement

inconnus. La moissonneuse, dont l'emploi semble tout indiqué, n'est pas utilisée. La houe à cheval, les déchaumeuses, sont presque complètement ignorées des cultivateurs. Les trieurs manquent dans la plupart des fermes, où leur usage permettrait d'obtenir des grains de semence sélectionnés.

Quant au matériel en usage, il est peu compliqué et généralement très défectueux. Quelques concours spéciaux pour les instruments de culture ont été organisés; il faut espérer qu'ils seront le point de départ de sérieux progrès dans l'outillage agricole de la plaine.

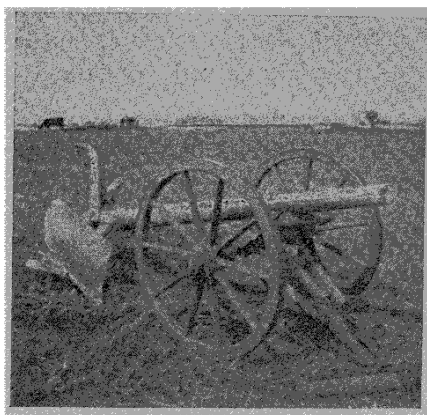


Fig. 17. — Charrue de la Plaine de Caen.

Les instruments dont on se sert pour le labourage sont : la charrue du pays; la grande herse, dont les dents sont en bois ou en fer; la petite herse dont les dents sont en bois de frêne; et le rouleau en bois.

La charrue, dite du Calvados (fig. 17), est très peu perfectionnée; au XI^e siècle, on voit sur la tapisserie de Bayeux, une charrue et une herse qui, si l'on ne tient pas compte de l'imperfection du dessin exécuté en broderie de laine, se rapprochent beaucoup des instruments actuels. Cette charrue, au verso presque

droit, a l'avantage, pour les terres de la plaine, de faciliter leur aération : elle soulève la terre, l'émiette, lui donne du creux, alors que les charrues à versoir hélicoïdal allongé retournent et plaquent sur le sol de longues bandes de terre d'une seule pièce. Mais elle a le grave inconvénient de donner des labours par trop superficiels; elle ne fait, en quelque sorte, qu'écorcher la terre; or des labours profonds seraient une des principales améliorations à apporter au système de culture actuel; les cultivateurs défendent leur mode de labourage superficiel, car, disent-ils, les labours profonds amènent à la surface des mauvaises graines qui germent et infestent les cultures : rien n'est plus exact, mais ce fait provient précisément du manque de profondeur dans les labours et il faudrait

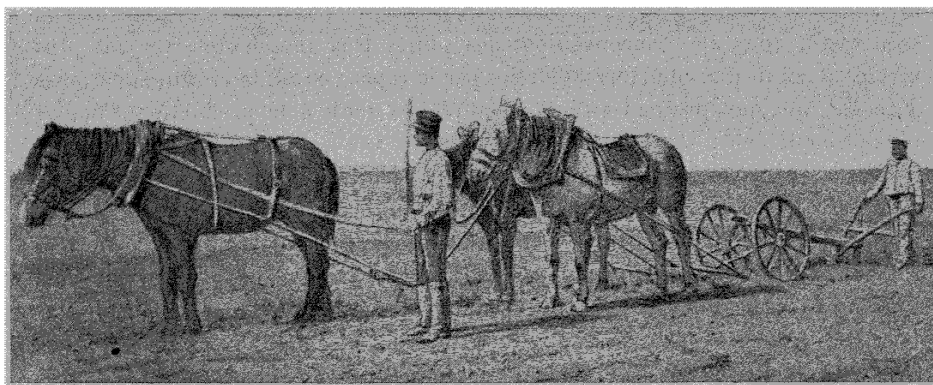


Fig. 18. — Charrue et son attelage.

plusieurs années consécutives pour faire disparaître du sol les mauvaises herbes que feraient naître des labours plus profonds. L'élevage du cheval de demi-sang, tel qu'il est pratiqué dans la plaine, s'oppose, dit-on, en partie à l'usage d'instruments perfectionnés; la charrue du pays est moins lourde que la Brabant, par exemple, moins dure à tirer pour les jeunes chevaux que l'on utilise aux travaux des champs; elle est plus facile à manier pour le laboureur : il peut la soulever facilement si besoin est, lorsqu'une résistance quelconque irrite les animaux, et au bout de chaque sillon, les tournées moins brusques facilitent encore sa besogne; il faudrait atteler aux charrues Brabant et autres instruments perfectionnés de vieux chevaux bien dressés. Mais l'éleveur qui comprend ses intérêts doit chercher à n'utiliser que des animaux en période de croissance, qui, tout en fournissant du travail, augmentent chaque jour de valeur; les frais d'entretien sont de la sorte largement payés, et la traction produite est un surcroît de bénéfice; aussi les éleveurs n'ont-ils que quelques vieux chevaux, ce qui les

empêche d'utiliser des machines compliquées, dangereuses pour de jeunes animaux insuffisamment dressés, pleins de sang et de vigueur.

Labours. — On donne deux à quatre labours à la terre, suivant la nature du sol et suivant l'espèce de plante qu'on y veut semer; on en donne quelquefois jusqu'à six. Il y a plusieurs mots en usage dans le pays pour désigner ces différents labours : *briser*, c'est donner le premier labour ou *airure*; *relever*, c'est donner le second labour; *refendre*, c'est donner le troisième; *endosser*, c'est donner le quatrième. Pour les semailles, on laboure à une profondeur de 12 centimètres; les labours d'été sont donnés le plus légèrement possible. Pour les betteraves à sucre, la profondeur donnée aux labours est poussée jusqu'à 20 centimètres. Nous avons déjà vu que cette profondeur pourrait être augmentée avec succès; les labours sont trop superficiels, même pour le blé; la sécheresse, ainsi que l'inconvénient des pluies très abondantes, se font plus vivement sentir dans des terres durcies par le repos; enfin, la croûte supérieure d'un sol, quelque profond qu'il soit, employée seule à la production s'épuise plus promptement.

Il y a de graves inconvénients à donner à la terre plus de labours qu'il n'est nécessaire; elle *se décorce*, suivant l'expression du pays. Le blé semé dans une terre qui a reçu trop d'airures, s'allonge avec excès sans prendre de pied et de force; il ne peut se soutenir et verse souvent avant que le grain soit formé. Certaines terres franches sont plus sujettes à cet accident, on dit qu'elles se laissent aller. On ne donne pas à tous les labours la même profondeur; le premier se donne le moins profondément possible; on *pique* plus avant les suivants, excepté le dernier qui doit être un peu moins profond. La largeur de la bande de terre qu'on fait prendre à la charrue, qu'on appelle largeur de *raie* dans le pays, varie de 20 à 35 centimètres suivant les terrains et le nombre de labours qu'on donne à la terre. A la première airure, on prend une bande de terre plus large et c'est à la dernière airure qu'on la prend plus étroite. On attelle trois à quatre chevaux à la charrue, suivant que la terre offre plus ou moins de résistance; ils sont placés deux et un, ou deux à deux. Les petits cultivateurs n'emploient ordinairement que deux chevaux; mais comme ils n'en font pas commerce, ces animaux ne sont ni jeunes, ni d'un grand prix, et on ne les ménage pas. Le laboureur a souvent un petit valet pour conduire ses jeunes chevaux. Une charrue de la Plaine de Caen laboure facilement 80 perches de terre par *jointe* de cinq heures, soit un hectare en dix heures.

On divise les champs labourés en planches ou en sillons de plus ou moins grande largeur, suivant la nature du sol ou le but du labour. Plus les terres ont besoin d'être asséchées, plus on fait des sillons étroits et bombés. On fait encore de petits sillons dans les sols qui n'ont point de profondeur, parce que les terres que la charrue *retrousse* donnent plus d'épaisseur à celle des sillons; mais dans

ce dernier cas, on se garde de les bomber, si la terre est légère. Les petits sillons ont de 4 à 8 raies et les planches de 12 à 24. La direction donnée aux sillons



Fig. 19. — Le labour dans la Plaine de Caen.

est généralement celle du nord au sud, afin que leurs deux côtés profitent du soleil.

ENGRAIS

Les engrais en usage dans la Plaine de Caen sont :

- les engrais de ferme : fumier, marcs de pommes, curures des marcs et de fossés, et composts;

- les engrais marins : varechs, astéries et coquillages, dont nous avons vu l'importance en culture maraîchère;

- les tourteaux de colza, résidus de la fabrication de l'huile;

- les engrais concentrés.

Fumier de ferme. — On l'obtient par le mélange indistinct de tous les engrais provenant de la ferme. On en forme des tas pour le faire fermenter et se consommer au degré convenable à la nature de la terre et de la culture qu'on veut fumer. On laisse se consommer plus longtemps les fumiers destinés aux terres légères; les terres argileuses et humides demandent que le fumier soit moins consommé.

Le tas de fumier appelé la *pumière* a généralement la forme d'un prisme droit, à base rectangulaire; ses dimensions varient avec l'importance de la ferme; quant à sa hauteur, elle n'excède jamais 1^m,60. Il n'y a rien qui s'oppose à l'écoulement des eaux, rien qui puisse les empêcher d'aller en pure perte déposer sur le sol des cours ou dans les fossés du chemin voisin une grande partie des substances utiles du fumier. On voit, dans la plupart des fermes, le fumier séjourner en tas sur le sol et tantôt desséché par le soleil, tantôt lavé par les pluies, au détriment de sa valeur fertilisante; au lieu de recueillir avec grand

soin le purin dans des fosses absolument étanches et fermées hermétiquement, on laisse entraîner par les pluies ce qui fait la valeur du fumier. Il en est de même pour les urines des animaux : le sol des écuries et des étables est rarement en bon état et n'empêche pas les infiltrations. Dans certaines fermes, par exemple, le tas de fumier, quoique bien établi, est pourvu d'une fosse à purin insuffisante : le purin s'écoule et va par une rigole se perdre dans le ruisseau qui passe près de la ferme; c'est une perte sèche, que l'on pourrait éviter sans grands frais; mais il faudrait peut-être un homme pour s'occuper du purin, en remplir un tonneau et arroser les prés! Cette dépense ne serait cependant pas superflue (1).

Au siècle dernier, Arthur Young constatait déjà le mauvais entretien des fumiers : « La Normandie, disait-il, n'aurait à envier à la Flandre aucun de ses riches produits, sans la négligence avec laquelle on laisse perdre une foule de substances et de résidus qui pourraient doubler et tripler la fécondité de son sol. » Les choses, malheureusement, en sont encore au même point. Il est pénible de voir les cultivateurs comprendre si mal leurs intérêts et négliger de la sorte le principal élément fertilisant de leurs terres (2).

Il suffirait, pour obtenir de bon fumier, de le maintenir aussi humide que possible, au moyen d'arrosages et d'avoir recours au tassement; on réduirait ainsi les déperditions et on permettrait à la fermentation de s'établir avec régularité. L'installation de la fumière chez M. Bastard est fort bien faite et peut servir de modèle à tous les cultivateurs de la plaine; le tas de fumier peut atteindre un volume de 1 000 mètres cubes, le sol est bétonné, il est en forme de cuvette; une fosse à purin se trouve à l'un des angles; elle est munie d'une pompe qui sert à l'arrosage du tas et permet de le maintenir toujours humide.

Après avoir été répandu dans les champs, le fumier est enfoui avec la charrue. On tarde généralement trop pour procéder à cet enfouissement; lorsqu'on ne peut le faire immédiatement, il faudrait au moins étaler le fumier à la surface du sol le plus tôt possible après son déchargement et éviter de le laisser en tas. Ordinairement, le sol sur lequel on répand le fumier a déjà reçu un labour; on lui en donne ensuite deux ou trois autres suivant le besoin. 40 mètres cubes de fumier par hectare constituent une fumure moyenne.

Engrais concentrés. — Les engrais concentrés sont nécessaires pour complé-

(1) Dans une ferme de moyenne importance, il se fait environ 200 000 kilogrammes de fumier par an. Or le lavage du fumier par les pluies occasionne une perte d'azote allant jusqu'à 2 p. 1 000, ce qui représente 400 kilogrammes d'azote. La valeur de cet agent fertilisant est de 1 fr. 50 le kilogramme; voilà donc 600 francs perdus pour le cultivateur, sans profit pour lui que ce soit.

(2) Sur la proposition de M. Martin, professeur départemental d'agriculture, des prix vont être créés pour récompenser le meilleur entretien des fumiers.

ter l'action du fumier. Mais, pour être fait judicieusement, leur emploi doit être basé sur la connaissance exacte du sol et sur les exigences des plantes cultivées. C'est ce qu'ignorent malheureusement la plupart des cultivateurs de la plaine.

Jadis, au temps de la prospérité du colza, la culture était faite dans de bonnes conditions; des savants, comme Isidore Pierre, étudiaient la culture du colza dans ses moindres détails et traçaient aux agriculteurs leur ligne de conduite. Les terres étaient bien préparées et les engrais relativement bien appliqués. Les deux engrais uniquement employés étaient le guano et le tourteau de colza;

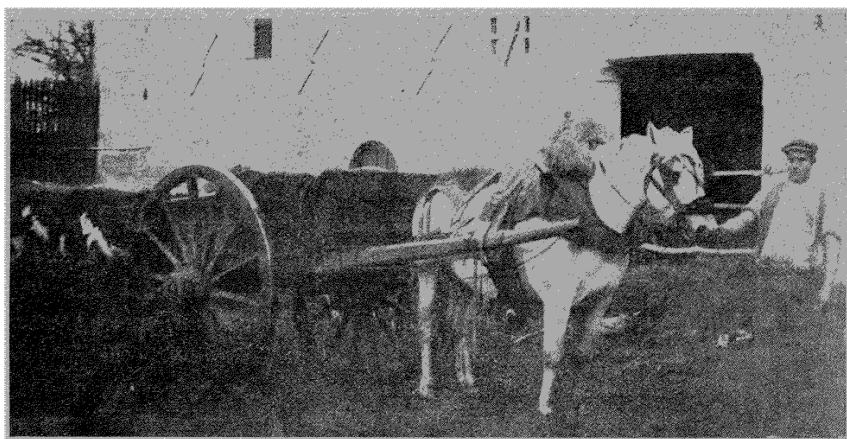


Fig. 20. — Le transport du fumier.

c'étaient d'ailleurs les seuls engrais concentrés que l'on connaissait alors. Jusqu'en 1875, les guanos du Pérou furent d'un usage général dans la Plaine de Caen; on les utilisait surtout au moment des semailles du colza et au *renouveau* pour ranimer la végétation, après les fortes gelées de l'hiver; mais ils perdirent en quelques années leur richesse primitive; les gisements s'étant en grande partie épuisés, leur prix devint fort élevé, et ils furent l'objet de nombreuses fraudes; aujourd'hui il est impossible de se procurer du véritable guano. Quant aux tourteaux, ils sont encore employés, mais de moins en moins, par suite de la disparition des huileries (4).

Il a fallu remplacer ces deux engrais. Les marchands d'engrais offrirent d'abord des mélanges désignés sous le nom de chimiques et qui convenaient plus ou moins bien; on employait en effet souvent un engrais complet là où un seul élément aurait suffi et cela par défaut de connaissance du sol. Les agricul-

(4) Voir le chapitre relatif au colza.

teurs avisés comprirent la nécessité de faire analyser leurs terres (1). Mais la majeure partie des cultivateurs ne s'en préoccupa pas et l'on a à déplorer aujourd'hui l'usage irraisonné des engrais concentrés, notamment un abus de nitrate de soude; naturellement les effets qui en résultent n'ont rien de satisfaisant. Or, une dépense en engrais concentrés de 100 francs par hectare suffirait à donner des résultats surprenants, s'ils étaient appliqués rationnellement, d'après les exigences des cultures et la composition du sol. Dans une ferme de 60 hectares, que M. de Saint-Quentin a rattachée à son exploitation principale depuis 1896, et

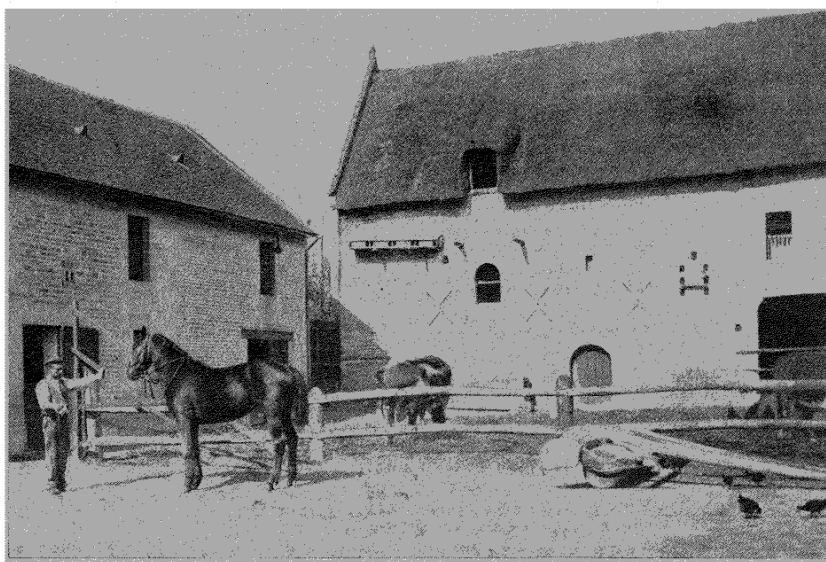


Fig. 21. — Intérieur de ferme dans la Plaine de Caen.

que le fermier avait laissée en très mauvais état, nous avons vu un enclos où ce fermier obtenait à peine une gerbe de blé par perche et qui a produit, en 1897, 33 hectolitres à l'hectare. A cela, les cultivateurs du pays répliquent : « Il n'y a rien d'étonnant, M. de Saint-Quentin *pourrit* ses terres d'engrais. » Rien n'est plus faux, comme on a pu s'en rendre compte au cours de cette étude. Mais le petit cultivateur de la plaine n'a aucune notion sur l'emploi des engrais concen-

(1) C'est ainsi que chez M. Bastard on a constaté par exemple un besoin de chaux et d'acide phosphorique; des expériences faites comparativement avec les chaux d'Orival et de Crouay, les scories de déphosphoration et les phosphates de Pernes, démontrèrent la supériorité des scories; on les emploie depuis, et les blés résistent mieux à la verse et donnent un rendement plus considérable en quantité et qualité.

trés; il ne considère que le prix de l'engrais et il croit avoir fait beaucoup quand il peut dire, par exemple : j'ai mis 0 fr. 50 d'engrais à la perche; il ne se rend pas compte que ce qui importe surtout c'est la nature de l'engrais, approprié dans la proportion voulue à la nature du sol et des récoltes. L'instruction agricole du cultivateur est entièrement à faire et ce n'est que peu à peu, en diffusant par tous les moyens possibles les enseignements de la science, que l'on obtiendra quelques résultats. Cependant, depuis deux ans, on a employé, d'après les renseignements fournis par les marchands d'engrais de la ville de Caen, plus du double d'engrais simples et moitié moins d'engrais composés: c'est là un progrès dont il faut féliciter les agriculteurs du pays.

D'une façon générale, ce sont les scories de déphosphoration qui donnent les meilleurs résultats comme engrais phosphatés dans les terres de la Plaine de Caen. Elles constituent chez les meilleurs agriculteurs le principal engrais complémentaire donné au blé; on donne aussi à cette céréale un peu de superphosphate; mais on emploie peu les engrais azotés qui pourraient provoquer la verse en poussant à un développement excessif. M. Martin a entrepris en 1898 des expériences qui montrent les heureux effets des scories phosphatées; pour le blé, une première parcelle de 30 ares a reçu 15 000 kilogrammes de fumier; et une deuxième parcelle de 30 ares a reçu 15 000 kilogrammes de fumier + 300 kilogrammes de scories; la première parcelle a donné 809 kilogrammes de grain et la deuxième 1 079 kilogrammes, soit une différence de 9 quintaux par hectare.

Nous avons vu, en culture maraîchère, que des résultats analogues avaient été obtenus sur des pommes de terre. Il en a été de même pour les prairies naturelles : une parcelle de 25 ares, sans scories, a fourni 225 bottes de foin de 12 livres chacune, tandis qu'une parcelle semblable, avec scories, a fourni 303 bottes de foin.

Pour les chevaux, il faut des aliments riches en acide phosphorique, tels que le trèfle incarnat et le sainfoin; il faut donc donner à ces cultures des engrais phosphatés en abondance. Ce sont les scories de déphosphoration que l'on utilise de préférence, à cause de leur double teneur en chaux et acide phosphorique.

Depuis quelques années, on tend à employer dans la Plaine de Caen un nouveau phosphate qui est exploité à Carentan et qui produit de très bons effets; des essais comparatifs, faits avec ce phosphate et les scories, sur des pommes de terre, ont donné des résultats à peu près identiques : avec les scories, 45 600 kilogrammes à l'hectare, et avec le phosphate de Carentan, 44 000 kilogrammes.

Tourteaux. — L'usage des tourteaux de colza et de cameline a beaucoup perdu de son importance depuis la crise qui sévit sur les plantes oléagineuses. Le tourteau de colza indigène seul est encore employé, concurremment avec

les tourteaux de colza des Indes et de ravison (1). Ils conviennent à peu près à tous les sols; on les emploie pour le colza, la betterave et pour le blé fait sur trèfle incarnat.

Le tourteau est réduit en poudre à l'aide d'un concasseur et répandu à la volée sur les sillons au moment des semis. Une *tourte* pèse habituellement 5 livres; on met ordinairement 500 tourtes par hectares, soit 1 250 kilogrammes; les 1 000 kilogrammes valent 130 francs en moyenne.

Les tourteaux produisent la majeure partie de leur effet dès la première année de leur application; ce sont des engrais de décomposition facile et ayant une action rapide sur la végétation. C'est principalement un apport d'azote qu'on fait au sol par leur emploi (ils contiennent en moyenne 4 à 5 p. 100 d'azote) et, pour compléter la fumure, il convient d'ajouter souvent des phosphates et des sels potassiques. Les tourteaux produisent, à cause précisément de leur richesse en azote, des effets remarquables sur le colza, les choux et les navets.

Le *plâtre* n'est pas employé et la *chaux* l'est rarement, bien qu'ils puissent agir avantageusement sur certaines terres.

Les *marcs de pomme*, dont on pourrait tirer un excellent parti en les utilisant comme engrais, ne servent à aucun usage; on les jette purement et simplement. Or, il y aurait tout bénéfice à les employer, car les pommes dont on extrait le cidre dans la plaine, proviennent des régions avoisinantes, telles que le pays d'Auge et le Bessin; on pourrait ainsi enrichir les terres avec les principes fertilisants exportés de ces régions.

On ne fait presque point usage des récoltes vertes enfouies à la charrue. Quant aux urines et aux déjections humaines, elles ne sont guère recherchées que par les jardiniers et maraîchers qui les utilisent dans la fabrication de leurs composts.

Analyses de terres et d'engrais. — Il existe, à Caen, deux laboratoires d'analyses: l'un, dépendant de la préfecture et subventionné par le conseil général, est placé sous les ordres de M. l'Ingénieur des mines; ses opérations sont gratuites. L'autre, celui de la station agronomique, annexée à la Faculté des Sciences, relève du ministère de l'Instruction publique et du ministère de l'Agriculture; il est dirigé par M. le Dr Louïse.

(1) Les tourteaux exotiques ont une valeur inférieure à celle du tourteau de pays.

(A suivre.)

MÉTALLURGIE

SUR LES COMBINAISONS MUTUELLES DES MÉTAUX, par **N. S. Kournakow**, *Professeur de chimie à l'Institut des mines de Saint-Petersbourg.*

On peut représenter schématiquement les diverses combinaisons d'un élément métallique M avec les différents groupes acides X (simples ou composés) par la série suivante :



où M représente le métal alcalin et X , l'haloïde.

D'après les idées généralement admises sur l'atomicité des éléments, il n'y a qu'une combinaison MX qui soit possible dans cette série. Mais le système périodique fait prévoir l'existence d'autres composés $(M_m) X$ et $M (X_m)$, classés aux extrémités de la série ci-dessus. D'après une propriété fondamentale de ce système, la somme des atomicités d'un élément par rapport à l'oxygène et à l'hydrogène est constante et égale à 8. Par exemple, pour le soufre, la somme des atomicités, dans les types supérieurs des combinaisons avec l'oxygène et l'hydrogène, est égale $6 + 2 = 8$; pour le phosphore $5 + 3 = 8$; pour le carbone $4 + 4 = 8$, etc. Il est alors évident que les combinaisons d'haloïdes ou de métaux alcalins avec les éléments de caractère chimique analogue (métalloïdes ou métaux) peuvent appartenir aux types très élevés, comme par exemple ClX_7 , KM_7 . Il faut en conclure, qu'avec l'augmentation de la masse active de l'haloïde ou du métal contenu dans la molécule complexe, on observera des formations de groupes (X_m) ou (M_m) par la combinaison mutuelle des atomes chimiquement analogues sous l'influence des atomicités du même ordre (acides ou basiques).

En se plaçant à ce point de vue, on pourra s'expliquer l'existence et plusieurs propriétés de certains corps, que nous appelons des composés polyhaloïdes, polysulfureux, des peroxydes, des sels doubles et des dérivés d'acides complexes. Une étude plus approfondie montre que dans tous ces corps on trouve des combinaisons atomiques plus ou moins stables de métalloïdes ou en général de groupes d'un caractère acide, qui sont associés entre eux grâce à leurs atomicités acides (ou négatives) qu'on peut définir par les types possibles des combinaisons par rapport à l'oxygène.

Un autre domaine des combinaisons chimiques présente un non moins grand intérêt. Je veux parler des combinaisons où entrent en jeu des associations mutuelles de métaux du type (M_m), formées grâce aux atomicités qu'il faut qualifier de métalliques (ou positives), car elles sont définies par des types possibles, d'après le système périodique, des combinaisons hydrogénées possibles du métal M .

On doit englober dans cette classe les oxydes et les sels haloïdes inférieurs de potassium, de sodium, de lithium, d'argent, ainsi que les différents alliages métalliques.

Prenant en considération que les types des combinaisons hydrogénées et oxygénées de l'élément diffèrent complètement les uns des autres, nous devons admettre que les types des combinaisons du métal M avec d'autres métaux différeront aussi beaucoup des types de dérivés correspondants oxygénés ou, en général, métalloïdes. Le domaine des combinaisons métalliques mutuelles doit contenir des types spéciaux; ces types se caractérisent par leur stabilité, et par leur aptitude à se retrouver dans les diverses séries des corps composés.

Sous ce rapport, ce sont les métaux alcalins et alcalino-terreux qui ont la tendance la plus marquée à se combiner, parce que ce sont eux qui possèdent au plus haut degré les propriétés basiques ou métalliques. Leurs combinaisons avec Hg, Zn, Pb, Sn, Cd, Bi et d'autres métaux lourds forment le groupe le plus caractéristique et le mieux déterminé parmi les alliages métalliques que nous connaissons jusqu'à présent. Comme on pouvait s'y attendre d'après la position des métaux alcalins dans le système périodique, ce groupe se distingue des autres par une variété extraordinaire de formes.

Pour obtenir les types principaux et les plus stables, on a fait, dans notre laboratoire, des recherches sur la fusibilité des alliages de sodium et de potassium avec Hg, Cd, Pb. et Bi. On a vu alors que toutes les courbes obtenues se distinguent par des maxima de température très caractéristiques, qui prouvent d'une façon évidente l'existence des combinaisons définies qui se ramènent à des types invariables (1).

Comme je me propose de continuer les travaux commencés, je me permets actuellement de communiquer les données recueillies, quoiqu'elles n'aient pas encore été élaborées au degré qu'exigent l'importance et la variété de relations de l'objet de nos études.

(1) V. la communication préalable à la séance de la section chimique de la Société physico-chimique russe, le 7 mai 1898. *Journ. de la Soc. Phys. Chimique Russe*. 30, 525.

TEMPÉRATURE DE FUSION DES AMALGAMES DE SODIUM ET DE POTASSIUM

Les amalgames de sodium. — Pour les préparer, on prend comme point de départ une quantité déterminée de sodium : quelques dizaines de grammes, que l'on fond dans une atmosphère d'hydrogène sec, dans une cornue en verre préalablement pesée. Ensuite on retourne la cornue, on verse le métal dans un vase en fer qui contient une certaine quantité de paraffine liquide, en opérant toujours dans l'atmosphère d'hydrogène sec. On détermine le poids du sodium d'après la diminution du poids de la cornue après le transvasement.

Pour observer les températures de fusion, je me sers d'un creuset en fer aux parois intérieures polies ou d'un cylindre creusé (10 centimètres de hauteur et 5 centimètres de diamètre), ce qui permet d'opérer avec des masses considérables d'amalgame (600 grammes et même plus). Il faut verser le mercure dans le sodium liquide lentement et par petites doses, pour éviter les déperditions du métal, qui aurait pu jaillir au dehors ou se volatiliser. Les expériences répétées et les analyses comparées démontrent que l'oxydation de l'amalgame sous la couche de paraffine, si on le prépare à grandes doses, est insignifiante, surtout quand on opère à températures relativement basses.

Pour mesurer les températures au-dessous de 200°, on se sert de thermomètres à mercure gradués au 1/5 et au 1/10 de degré. Au-dessus de 200°, on employa des thermomètres à mercure étalonné remplis d'acide carbonique. Pour contrôler ces mesures, on prit un thermomètre analogue, vérifié à « Physikalisch Technische Reichs-Anstalt », à Berlin.

Pour déterminer les températures de fusion, on observa les températures correspondantes à l'apparition des cristaux dans la masse liquide; pendant les observations, on agitait sans cesse le liquide avec une baguette de fer. Si le refroidissement se fait lentement, cet instant est caractérisé par un arrêt plus ou moins net dans le déplacement de la colonne de mercure quand les températures observées se rapprochent de la température maxima de fusion de la phase donnée, ou à son point de transition, indiquant un état d'équilibre avec la nouvelle substance solide qui contient en moindre proportion l'élément composant plus aisément fusible, qu'on peut considérer comme un dissolvant.

Entre ces limites, les grandeurs du coefficient angulaire $\frac{ds}{dt}$ (s -concentration, t -température) de la courbe de fusibilité commencent à diminuer.

Aux autres compositions, les arrêts du thermomètre se manifestent moins nettement; mais le moment de l'apparition des cristaux est signalé avec assez de précision par la formation d'un corps solide dans la masse du liquide, quand la baguette heurte le fond ou les parois du vase. Pour éviter des sursaturations

considérables, il fut parfois nécessaire de provoquer la cristallisation par l'introduction de petites parcelles d'amalgame solide de même composition; cet amalgame était conservé dans une éprouvette sous une couche de pétrole.

Le mode de préparation exposé ci-dessus fut trouvé inapplicable pour l'étude des amalgames du potassium.

Pendant la fusion, le potassium métallique s'oxyde et se divise sous la couche de paraffine en petites boulettes, de telle sorte qu'on n'est point sûr de l'homogénéité d'amalgame obtenue. Il fallut prendre comme point de départ l'amalgame de potassium préparé et fondu à l'avance, qu'on additionnait ensuite de petites doses de mercure en les augmentant. Chaque fois, après avoir mesuré la température de fusion, on ramenait l'alliage à l'état liquide et on recueillait l'échantillon de l'amalgame avec une cuiller de fer, on le purifiait de la paraffine, qu'il contenait au moyen de benzine à sec et on le soumettait à l'analyse. A cet effet, je décomposai l'alliage en le traitant par une quantité déterminée d'acide sulfurique de concentration connue; je déterminai le potassium par le dosage alcalimétrique et le mercure par la pesée directe du métal obtenu par la réaction avec l'acide. Les amalgames riches en potassium ont été traités préalablement à l'alcool et ensuite on les chauffa au bain-marie en présence d'acide sulfurique titré.

Les résultats obtenus sont exposés dans les tableaux I et II. Dans la première colonne, sont marqués les numéros des expériences, dans les deuxième et troisième, les proportions d'atomes de métaux alcalins et de mercure pour 100 atomes d'amalgame; dans la quatrième, les nombres des atomes de *Na* ou de *K* par rapport au mercure, et, dans la cinquième, les températures correspondantes de fusion (points d'apparition des cristaux).

La corrélation entre les températures de fusion et la composition des amalgames ressort avec une évidence remarquable dans la représentation graphique (fig. 1), où, sur l'axe des abscisses, sont marqués les nombres qui expriment la composition des différents amalgames en p. 100 atomiques du mercure (de 0 à 100 p. 100), et, sur l'axe des ordonnées, les températures correspondantes de fusion. Les ordonnées extrêmes représentent les températures de fusion des éléments composants des systèmes binaires étudiés, c'est-à-dire des métaux alcalins et du mercure à l'état pur.

Comme on le voit dans cette représentation graphique, les courbes des températures de fusion ou, autrement dit, les courbes de solubilité des amalgames alcalins présentent un aspect vraiment caractéristique. Les différentes branches des courbes que nous voyons dans ce diagramme résultent de l'existence de plusieurs points de transition, ce qui démontre la présence d'une série entière de combinaisons définies de sodium et de potassium avec le mercure. En général, la marche suivie par les courbes, pour ces deux métaux alcalins, est

TABLEAU I

Températures de fusion des amalgames de sodium.

N°	POURCENTAGE ATOMIQUE.		RAPPORT des ATOMES Na : Hg.	TEMPÉRATURES de FUSION.	OBSERVATIONS.
	Na	Hg			
1	100	—	—	96,450	
2	99,27	0,73	13,599 : 1	91,95	
3	98,11	1,89	5,191 : 1	87,65	
4	89,30	10,70	8,346 : 1	44,9	
5	87,34	12,65	6,904 : 1	32,4	
6	85,54	14,46	5,916 : 1	23,4	
7	85,05	14,95	5,690 : 1	21,25	Mélange eutectique B.
8	84,43	15,57	5,435 : 1	25,15	
9	83,77	16,23	5,161 : 1	30,0	
10	82,80	17,20	4,814 : 1	33,65	
11	80,46	19,54	4,168 : 1	47,0	
12	78,73	21,27	3,702 : 1	53,5	
13	77,13	22,87	3,373 : 1	59,3	Cristaux hexagonaux en lamelles.
14	75,70	24,30	3,115 : 1	62,6	
15	74,06	25,94	2,855 : 1	65,0	
16	73,52	26,48	2,776 : 1	65,5	
17	73,06	26,94	2,711 : 1	66,0	
18	72,31	27,69	2,604 : 1	66,3	
	71,90	28,10	2,559	67,0	Point de transition C.
19	71,10	28,90	2,460 : 1	75,2	
20	69,95	30,05	2,328 : 1	85,8	
21	68,80	31,20	2,205 : 1	92,1	Cristaux octaédriques granuleux.
22	66,54	33,46	1,988 : 1	105,5	
23	64,43	35,57	1,812 : 1	114,6	
24	61,68	38,32	1,612 : 1	129,9	
25	60,80	40,18	1,514 : 1	152,2	
26	58,09	41,91	1,386 : 1	169,7	
27	54,93	45,07	1,219 : 1	194,4	
28	54,14	45,86	1,180 : 1	198,5	
29	53,43	46,58	1,147 : 1	201,2	
30	52,59	47,41	1,109 : 1	204,8	
31	51,78	48,22	1,074 : 1	207,4	
32	50,92	49,08	1,037 : 1	209,0	
	50,60	49,60	1,020 : 1	209,7	Point de transition E.
33	50,23	49,77	1,009 : 1	210,8	
34	49,64	50,36	1 : 1,014	212,7	
35	49,07	50,93	1 : 1,038	215,0	
36	48,50	51,50	1 : 1,062	216,2	
37	47,92	52,08	1 : 1,087	217,5	

TABLEAU I (suite)

N°	POURCENTAGE ATOMIQUE.		RAPPORT des ATOMES Na : Hg.	TEMPÉRATURES de FUSION.	OBSERVATIONS.
	Na	Hg			
	47,60	52,40	1 : 1,101	218,0	Point de transition (F).
38	47,38	52,62	1 : 1,110	221,0	
39	46,86	53,14	1 : 1,132	229,9	
40	46,31	53,69	1 : 1,159	238,0	
41	44,25	55,75	1 : 1,259	269,0	
42	43,76	56,24	1 : 1,285	276,5	
43	41,94	58,06	1 : 1,385	302,0	
44	38,93	61,07	1 : 1,569	324,0	
45	35,91	64,09	1 : 1,785	341,0	
46	33,26	66,74	1 : 2,007	346,0	NaHg ₂ : Na — 33,33 p. 100. Ag — 66,67 p. 100 G.
47	32,79	67,21	1 : 2,050	345,9	
48	32,43	67,57	1 : 2,084	345,8	
49	31,29	68,71	1 : 2,197	339,5	
50	30,41	69,59	1 : 2,288	330,5	
51	30,11	69,89	1 : 2,321	328,0	
52	29,15	70,85	1 : 1,438	320,5	
53	26,01	73,99	1 : 2,843	281,0	
54	21,38	78,62	1 : 3,677	237,0	
55	19,38	80,62	1 : 4,163	172,5	
56	18,76	81,24	1 : 4,325	163,5	
57	18,45	81,55	1 : 4,420	160,0	
58	17,95	82,05	1 : 4,571	155,0	Point de transition H; arrêt fixe du thermomètre.
59	17,27	82,73	1 : 4,790	151,8	
60	17,12	82,88	1 : 4,841	150,5	
61	16,95	83,05	1 : 4,900	149,4	
62	16,68	83,32	1 : 4,995	148,9	
63	16,24	83,76	1 : 5,157	145,9	
64	15,05	84,95	1 : 5,644	137,2	
65	13,80	86,20	1 : 6,246	126,4	
66	13,50	86,50	1 : 6,407	123,3	
67	13,18	86,82	1 : 6,587	120,5	
68	13,00	87,00	1 : 6,692	118,4	
69	11,66	89,34	1 : 7,662	91,0	
70	9,00	91,00	1 : 10,111	69,0	
71	8,65	91,35	1 : 10,561	61,0	
72	7,25	92,75	1 : 12,793	ca. 46,0	
73	6,33	93,67	1 : 14,797	37,0	
74	6,22	93,78	1 : 15,428	33,0	
75	4,97	95,03	1 : 19,120	16,45	Cristaux prismatiques; l'amalgame liquide fut séparé des cristaux au moyen d'un tube capillaire et soumis à l'analyse.

TABLEAU II

Températures de fusion des amalgames de potassium.

N°	POURCENTAGE ATOMIQUE.		RAPPORT des ATOMES K : Hg	TEMPÉRATURES de FUSION.	OBSERVATIONS.
	K	Hg			
1	86,73	13,22	6,562 : 1	82,40	
2	85,09	14,91	5,705 : 1	88,4	
3	76,09	23,95	3,176 : 1	115,4	
4	67,70	32,30	2,095 : 1	135,4	
5	65,18	34,82	1,871 : 1	141,9	
6	64,28	35,77	1,796 : 1	142,7	
7	63,44	36,56	1,735 : 1	145,9	
8	62,48	37,52	1,665 : 1	148,7	
9	61,74	38,26	1,614 : 1	151,0	
10	45,24	54,76	1 : 1,211	175,0	Point M; cristaux mous.
11	43,39	56,61	1 : 1,305	215,0	
12	39,46	60,54	1 : 1,534	249,5	
13	39,04	60,96	1 : 1,561	251,5	
14	37,11	62,89	1 : 1,694	263,0	Cristaux mous.
15	34,45	65,55	1 : 1,902	269,5	
16	34,19	65,81	1 : 1,924	269,2	
17	33,34	66,66	1 : 1,999	269,7	Point R (KHg ₂).
18	32,11	67,89	1 : 2,115	268,0	
19	29,73	70,27	1 : 2,363	254,0	
20	27,64	72,36	1 : 2,618	239,5	
21	25,73	74,27	1 : 2,886	216,5	Cristaux mous.
22	24,24	75,76	1 : 3,128	203,5	
23	23,53	76,47	1 : 3,251	198,7	
	23,35	76,65	1 : 3,283	195,0	Point de transition S.
24	22,38	77,62	1 : 3,469	194,5	
25	20,57	79,43	1 : 3,862	189,5	
26	16,53	83,47	1 : 5,031	174,0	Cristaux granuleux.]
27	15,41	84,59	1 : 5,489	165,0	
28	14,27	85,73	1 : 6,003	151,0	
29	13,61	86,39	1 : 6,350	129,0	Point de transition T.
30	12,53	87,47	1 : 6,981	ca. 121,0	
31	11,70	88,30	1 : 7,543	112,5	
32	11,35	88,65	1 : 7,811	106,0	
33	10,42	89,58	1 : 8,597	89,5	Aiguilles molles, larges.
34	9,77	90,23	1 : 9,237	80,5	
35	9,52	90,48	1 : 9,504	76,5	
36	9,03	90,97	1 : 10,083	73,5	
37	8,65	91,35	1 : 10,556	70,3	Point de transition O.
38	8,15	91,85	1 : 11,415	69,9	Avec refroidissement à 60°2, séparation des cristaux mous (p ¹ V); ensuite le thermomètre monte et à 69°9 a lieu la séparation des cristaux durs, granuleux.
39	7,71	92,29	1 : 11,966	69,4	
40	7,53	92,47	1 : 11,276	68,3	
41	7,31	92,69	1 : 12,690	67,3	
42	6,76	93,24	1 : 13,777	66,0	
43	6,39	93,61	1 : 14,660	63,5	Cristaux durs hexaédriques.
44	5,32	94,68	1 : 17,788	56,7	
45	4,90	95,10	1 : 19,688	52,0	
46	3,91	96,09	1 : 25,570	45,0	
47	3,11	96,89	1 : 31,180	33,0	

la même et elle rappelle un peu le diagramme de solubilité des sels hydratés : $\text{CaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{MgCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; mais ce qui caractérise surtout les amalgames alcalins, ce sont les températures maxima particulières G et Q (fig. 1) très supérieures à la température de fusion du composant plus difficilement fusible. Pour l'amalgame de sodium, ce maximum est $34,6^\circ$, pour le potassium

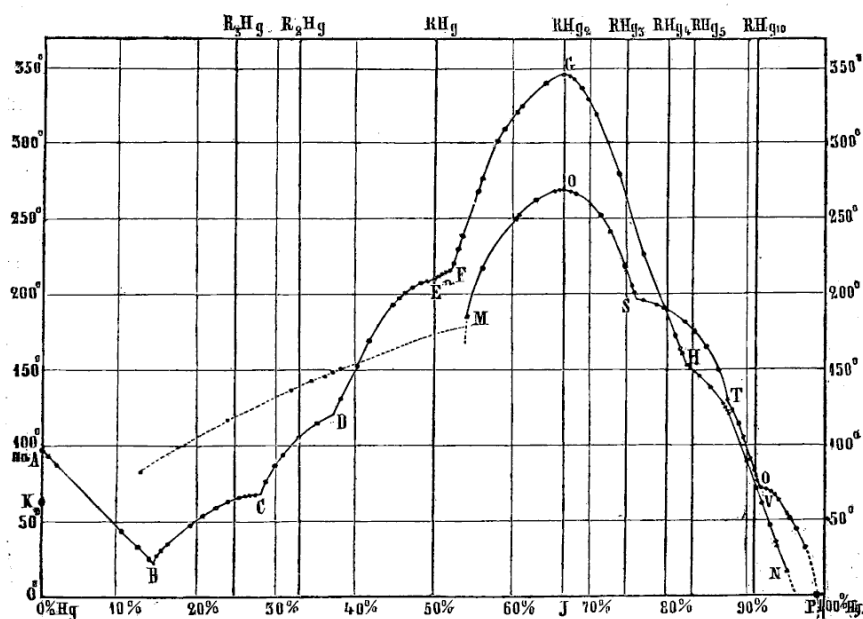
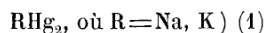


Fig. 1.

c'est $269,7^\circ$. Il est de la plus haute importance de constater que les températures maxima, dans les limites des erreurs d'expérience, correspondent très exactement aux combinaisons chimiques définies du même type :



La propriété de quelques-unes des combinaisons de métaux alcalins avec le mercure : de se fondre aux températures relativement hautes a déjà été démontrée par les expériences de Merz et Weith (2), mais les observations faites par

(1) Dans les premières analyses de l'amalgame de sodium, dont la composition avait été déterminée par synthèse, la température maxima de fusion constatée était celle de l'alliage, qui contenait un peu moins de mercure (de 0,8 p. 100 de l'atome de Hg) que théoriquement Na Hg_2 n'en doit contenir. Mais la vérification, au moyen d'analyses a démontré que cette déviation dépend d'un changement dans la composition par suite de l'oxydation du sodium qui s'est produit pendant l'échauffement jusqu'à la température de fusion.

(2) MERZ et WEITH, *Ber. d. deutsch. Chem. Gesellsch.*, 14, 1443 (1881).

eux n'ont pas pu donner des résultats bien positifs. Maintenant que la question de la solubilité des systèmes binaires est assez approfondie, on peut affirmer que les maxima ci-dessus mentionnés caractérisent des amalgames très stables d'une composition définie : KHg_2 et NaHg_2 , qui peuvent fondre complètement sans séparation d'une autre phase solide. A la température de fusion maxima des amalgames de sodium, c'est-à-dire au point G, se rencontrent les deux branches de la courbe de fusibilité FG et GH; l'abaissement de la température de fusion de NaHg_2 se produit, dans la première, par l'excès de sodium, et, dans la deuxième, par l'excès de mercure.

Cette forme de courbes a été déterminée pour la première fois, comme on le sait, par les travaux classiques de Bakhuis-Roozeboom (1) sur les hydrates de l'acide bromhydrique, des chlorures de calcium, de fer, et sur d'autres corps. Pour les sels hydratés, la branche, correspondant aux dissolutions avec excès de sels anhydres a une longueur très petite; quant aux combinaisons RHg_2 , où la différence entre le corps dissolvant et dissous s'accuse moins nettement, les deux branches de la courbe de la solubilité s'étendent entre des vastes limites de températures, atteignant jusqu'à 100° et même plus. Ainsi, dans le cas de NaHg_2 , la branche GF détermine la solubilité de ce corps entre 346° et 218° ; l'autre branche GH de la même courbe s'étend entre 316° et 153° .

Pour KHg_2 j'en ai pas déterminé le point de transition avec l'amalgame contenant une moindre proportion de mercure; il doit se trouver au-dessous de 173° , parce que la courbe correspondante de solubilité fut déterminée à partir de la température maxima de fusion $269,8^\circ$ (Q), jusqu'à 173° (M). L'autre branche QS correspondant à la même combinaison a pour limite inférieure le point de transition S à $195,0^\circ$.

En se fondant sur des données mentionnées ci-dessus, on doit considérer l'existence des combinaisons définies NaHg_2 et KHg_2 comme entièrement établie.

Je n'ai pas pu observer des températures maxima secondaires entre les limites des compositions qui ont été étudiées d'une façon plus détaillée, car les autres combinaisons des métaux alcalins avec le mercure se décomposent pendant la fusion. Il en résulte que la méthode d'étude des températures de fusion (solubilité) ne peut pas donner d'indications tout à fait exactes sur la composition des phases solides. Mais si on prend en considération certaines particularités dans la position des points de transition, il est possible d'en tirer quelques conclusions sur la composition probable des combinaisons chimiques définies constituant les systèmes en équilibre. Ces conclusions, dans la plupart des cas, sont en accord avec les données empiriques fournies par d'autres observateurs.

(1) H. W. BACKUIS ROOZEBOOM, *Zeitschr. f. phys. Chem.* 2, 434; 4, 51; 10, 44 f.

Par l'examen des amalgames alcalins, qui sont plus faciles à étudier que les autres alliages métalliques, il devient évident que l'analyse chimique est souvent insuffisante pour la détermination de la composition véritable des phases solides. D'après une observation très juste de M. Le Chatelier (1), ce n'est que par la voie de l'étude comparée des diverses propriétés physico-chimiques qu'on peut arriver à une conception juste de la nature véritable de l'alliage métallique.

L'ordonnée GI ($R : Hg = 1 : 2$) partage tout le diagramme de fusibilité (fig. 1) en deux parties, qu'on pourrait même examiner séparément si on prend RHg_2 pour un des composants indépendants du système binaire (2).

Dans la partie gauche du diagramme, la composition des phases liquides est déterminée par la relation $R : Hg < 2$, et on peut les obtenir par la fusion de RHg_2 avec des quantités variables du métal alcalin.

J'ai étudié cette partie du diagramme en détail pour les amalgames de sodium. Nous avons ici une série entière de points de transition B, C, E, F et H, qui sont caractérisés par les températures t et par les proportions d'atomes Na : Hg, indiquées ci-dessous :

Points de transition.	t .	Na : Hg.
B.	21,250	5,690 : 1
C.	67,0	2,559 : 1
E.	209,7	1,020 : 1
F.	248,0	1 : 1,101
H.	155,0	1 : 4,571

En outre, une inflexion de la courbe de la fusibilité entre C et E indique un point de transition intermédiaire D ($t = 119, 0$; Na : Hg = 1,703 : 1), mais on ne peut pas considérer l'existence de ce point comme définitivement établie.

La partie initiale de la branche AB, qui se distingue peu de la ligne droite, a été étudiée précédemment par MM. Heycock et Neville (3) pour des concentrations ne dépassant pas 3,228 atomes Hg sur 100 atomes Na (la température de solidification est de $83,35^\circ$); mais la grande solubilité du mercure dans le sodium métallique permet d'examiner cette branche beaucoup plus loin jusqu'au point entectique B (17,58 atomes Hg sur 100 atomes Na).

Le mélange eutectique B correspond à la séparation simultanée du sodium libre et de l'alliage Na_nHg ($n \leq 2,5$), qui cristallise en lamelles hexagonales très

(1) LE CHATELIER: Les alliages métalliques, *Revue générale des sciences pures et appliquées* 1895, p. 331.

(2) Ce mode d'examen permet de voir très nettement les analogies dans la forme des courbes de fusibilité (solubilité) des amalgames alcalins et des sels hydratés. Pour point de comparaison on peut prendre le diagramme de solubilité des hydrates $MgCl \cdot nH_2O$, déterminé par V. Hoff et Meyerhoffer dans leurs recherches bien connues sur les formations des dépôts salins pendant l'évaporation de l'eau de mer (*Zeitschr. f. phys. Chem.*, 27, 82 [1898]).

(3) *Journ. Chem. Soc.* 55, 672, 1889.

bien formées; ces lamelles peuvent atteindre une largeur de 0^m,02, et même plus, si le refroidissement se fait lentement. Malgré plusieurs tentatives, je n'ai pu obtenir ce corps à l'état pur. Les cristaux qu'on a obtenus par filtration de la solution liquide, et qu'on avait choisis avec le plus grand soin possible, n'ont pas donné de nombres constants à l'analyse. La relation Na : Hg, dans les cristaux, se modifiait avec la composition de la masse liquide où ils avaient pris naissance. Il est évident que, dans ces conditions, on n'a pas pu séparer complètement la matière solide de la solution qui s'y est attachée mécaniquement.

E. Maey (1) se fondant sur des observations très intéressantes sur la contraction des volumes qui se produit pendant la formation des amalgames alcalins, attribue aux cristaux hexagonaux en lamelles la formule Na₃Hg; mais les résultats que j'ai obtenus sur la fusibilité ne concordent pas exactement avec cette conclusion. La limite maxima pour l'existence à l'état stable des lamelles hexagonales est le point de transition C, bien déterminé (Na : Hg = 2,559); en ce point, elles fondent et forment des cristaux octaédriques d'amalgame contenant du sodium en moindre proportion. Si le premier corps avait la composition d'une combinaison définie Na₃Hg, l'ordonnée R₃Hg ne pourrait pas couper la courbe correspondante de solubilité entre les points de transition B et C, ce qu'on observe en réalité. Au point d'intersection, la composition de la phase solide et liquide doit être évidemment la même; mais on voit, par la théorie et par l'expérience, qu'une pareille condition ne peut se réaliser que pour les températures maxima et minima de la courbe continue de solubilité (2). Les points G et Q, pour les combinaisons du type RHg₂, peuvent offrir un bel exemple de tels maxima. De la valeur de la relation Na : Hg = 2,559 : 1 pour la phase liquide au point de transition C, nous devons conclure que la composition des lamelles hexagonales doit s'exprimer par la formule Na_nHg, ou $n < 2,6$, par exemple Na₅Hg₂ ou Na₃Hg. A l'appui de cette conclusion, vient le fait que la proportion de sodium contenu dans les cristaux recueillis était moindre que dans la solution liquide qui leur avait donné naissance; ainsi, par exemple, avec de l'amalgame dont la température de fusion était de 63^e,8, les cristaux contenaient 24,21 p. 100 de Na et 75,79 p. 100 de Hg (Na : Hg = 2,78 : 1), tandis que l'alliage liquide avait 24,84 p. 100 de Na et 76,16 p. 100 de Hg (Na : Hg = 2,89 : 1).

On ne pourra tirer de conclusion définitive sur la grandeur du coefficient. $n \leq 2,5$ qu'après des recherches très exactes sur des autres propriétés de l'amalgame de sodium; en attendant, on peut remarquer que la formule Na₅Hg₂

(1) E. Maey, *Zeitschr. f. phys. Chem.*, 29, 136 (1899).

(2) Duhem. *Traité élément, de mécanique chimique fondée sur la thermodynamique*, t. IV, 278. L'existence de températures minima caractérise plusieurs combinaisons isomorphes (les solutions solides de Van Hoff). J'ai pu étudier certains de ces cas dans les systèmes binaires formés par les différents composés halogénés, par exemple HgBr₂ avec HgI₂, SbBr₃ et SbI₃, etc.

attribuée aux cristaux hexagonaux, diffère peu de la formule Na_3Hg qui leur a été donnée par E. Maey.

En se fondant sur des considérations analogues, on peut conclure, qu'entre les points de transition *D* et *E* (et peut-être sur toute la branche *CE*) se sépare le composé de formule NaHg . Pour la température $209^{\circ},7$, au point *E*, il se décompose et donne un amalgame de composition intermédiaire entre NaHg et NaHg_2 . Bien que les limites de températures semblent insignifiantes ($209^{\circ},7 - 218^{\circ}$), l'existence de la branche *EF*, qui correspond à cet amalgame intermédiaire, a été constatée par des observations répétées et concordantes.

Les combinaisons NaHg et NaHg_2 sont également nettement caractérisées par les changements des poids spécifiques (E. Maey).

Quant aux *amalgames de potassium*, je n'ai pas encore approfondi l'étude de la partie gauche du diagramme ($\text{Hg} : \text{K} < 2$) (la ligne pointillée à gauche du point *M*, (fig. 1); par contre, dans la portion droite ($\text{Hg} : \text{K} > 2$), le système des courbes du potassium est caractérisé par des points anguleux plus nets que ceux qu'on observe pour les amalgames correspondants de sodium. Nous avons ici les points de transition suivants :

Points de transition.	t.	K : Kg.
S.	195,03	1 : 3,283
T.	129,0	1 : 6,350
O.	70,3	1 : 10,556

On peut considérer avec un intérêt particulier la courbe qui correspond à la formation des cristaux cubiques d'amalgame de potassium; cet amalgame a été, pour la première fois, décrit vers 1848 par Crokewitt (1), et plus tard il a été étudié par Kraut avec Popp (2), Berthelot (3), Kerp (4) et Maey (5). Les cristaux durs de ce corps, de formation parfaitement nette, représentent des combinaisons de cube, d'octaèdre et de dodécaèdre rhomboédrique et prennent naissance dans l'amalgame liquide à partir de la température de $70^{\circ},3$ (point de transition) jusqu'à la température ordinaire et même au-dessous). Comme mes observations ne s'étendent que jusqu'à 33° , j'ai calculé la position du point *P* (à 0°) d'après les données de Kerp sur la solubilité de l'amalgame de potassium ($0^{\circ},26$ p. 100 de K en poids, ou 1,33 p. 100 de K en atomes).

Pour les températures supérieures à $70^{\circ},3$, le caractère de la cristallisation se modifie d'une façon très nette; au lieu des granulations dures de l'amalgame

(1) Crookewitt, *Jahresbe. f. Chem.*, 1847-1848, 393.

(2) Kraut et Popp, *Liebigs Ann.* 159, 188 (1871).

(3) Berthelot, *Ann. chim. phys.* (5) 18, 434 (1879).

(4) Kerp, *Zeitschr. f. anorg. Chem.* 17, 300 (1898).

(5) Maey, *l. c.*, p. 130.

cubique, se séparent des cristaux mous ayant la forme de larges aiguilles. A ces cristaux, correspond la courbe de fusibilité *OF*.

En s'appuyant sur les analyses de Crookewitt, Kraut, Popp et Kerp, on attribue à l'amalgame cubique la composition KHg_{13} ; mais certaines considérations sur la position du point de transition *O* ($\text{K} : \text{Hg} = 1 : 10,555$) conduisent à une formule indiquant une moindre proportion de mercure KHg_n , et dans laquelle n doit être inférieur à 10,5, par exemple, 10 ou 9. Si la relation $\text{K} : \text{Hg}$ pour la phase solide était égale à 1 : 12, l'ordonnée correspondante à la composition KHg_{12} , devrait couper la courbe de solubilité à droite du point *O*, ce qui n'a pas lieu. Il est très intéressant de constater que E. Maey est arrivé à la même conclusion en se fondant sur les recherches qu'il a faites sur les densités des amalgames de potassium. Il a trouvé que le coefficient n , pour les cristaux cubiques, doit être égal à 11 ou à une quantité un peu inférieure.

On peut ainsi établir que les segments *TS* et *OT* correspondent à deux autres phases solides de la composition KHg_n , dans les conditions $3,28 > n > 2$ (KHg_3) pour la première phase, et $n < 6,3$ (KHg_5 ou KHg_6) pour la deuxième phase.

L'existence de la combinaison KHg_3 a été établie antérieurement par Maey, d'après une flexion dans le diagramme des poids spécifiques; quant au composé KHg_5 (ou KHg_6) on n'a pas sur ce corps d'indications bien précises, mais son existence peut être établie par l'analogie qu'il présente avec l'amalgame de sodium, pour lequel on obtient très facilement la combinaison définie NaHg_5 (ou NaHg_6). Celle-ci représente la phase solide qui est en équilibre avec la solution liquide à la température ordinaire (Kraut et Popp, Kerp (1)).

Dans la portion droite de la courbe du sodium correspondante aux systèmes de proportion $\text{Hg} : \text{Na} 72$, un seul point de transition *H* est nettement déterminé à la température $155,0^\circ$ ($\text{Na} : \text{Hg} = 1 : 4,571$). Sa position indique, qu'en outre de l'amalgame NaHg_5 (ou NaHg_6), qui se produit en cristaux prismatiques à la température ordinaire, il doit encore exister un composé NaHg_n , dans lequel le coefficient n a une valeur intermédiaire entre 5 et 2. A un tel corps, on doit attribuer la formule NaHg_4 , ou plutôt, NaHg_3 par analogie avec le dérivé correspondant de potassium. L'existence de corps voisins de la formule RHg_3 (ou RHg_4) ressort aussi des déterminations thermochimiques de M. Berthelot.

Quand on compare les résultats de ces recherches avec les résultats obtenus par d'autres observateurs, on est obligé de conclure à l'existence des combinai-

(1) D'après les analyses de Kerp, la composition la plus probable des cristaux qui sont en équilibre avec l'amalgame liquide de sodium à la température ordinaire, s'exprime par la formule NaHg (*Zeitschr. f. anorg. Chem.* 17, 293).

sons définies de sodium et de potassium avec le mercure qui sont les suivantes :

AMALGAMES DE SODIUM.	AMALGAMES DE POTASSIUM.
$\text{Na}_n\text{Hg}; n \leq 2,5$ (Na_2Hg ou Na_3Hg_2 ou Na_5Hg_2).	KHg .
NaHg .	KHg_2 .
$\text{NaHg}_n; 2 > n > 1$.	$\text{KHg}_n; 3,28 > n > 2$ (KHg_3).
NaHg_2 .	$\text{KHg}_n; 6,3 > n > 3,28$ (KHg_5 ou KHg_6).
$\text{NaHg}_n; 5 > n > 2$ (NaHg_3).	$\text{KHg}_n; 10,5 > n > 6,3$ (KHg_{10} ou KHg_9).
NaHg_5 (ou NaHg_6).	

Parmi tous ces corps, se distinguent particulièrement les composés RHg_2 avec les températures maxima de fusion. Leur position dans le diagramme de fusibilité est sans doute dans un rapport étroit avec les grandes quantités de chaleur, qui se dégagent pendant la combinaison du potassium et du sodium avec le mercure. Dans le système métal alcalin (R) + mercure (Hg) :



ces corps occupent la même place que les sels de composition RX dans la série des combinaisons du métal alcalin (R) avec l'haloïde (X) :



et ils caractérisent le type le plus stable du groupe entier des combinaisons analogues.

2. ALLIAGES DU SODIUM AVEC LE CADMIUM, LE PLOMB ET LE BISMUTH

La propriété de donner des composés avec des températures de fusion relativement grandes n'appartient pas seulement aux amalgames alcalins, mais en outre, comme nous avons pu le constater par les recherches faites dans notre laboratoire, à plusieurs combinaisons de Na, K et Li avec d'autres métaux lourds : par exemple avec Cd, Bi, Sn et Sb.

Dans les trois tableaux qui suivent (III, IV, V) sont consignés les résultats des recherches faites sur les températures de fusion des alliages du sodium avec le cadmium, le plomb et le bismuth; ces observations ont été effectuées par A. N. Kouznetzow, en partie au moyen du pyromètre thermo-électrique de Le Chatelier, en partie au moyen du thermomètre à mercure (N^{os} 13 à 28 des alliages Na avec Pb). On construisit graphiquement l'échelle du pyromètre thermo-électrique en marquant des points fixes correspondants à certaines températures : celles de l'ébullition de l'eau, de la fusion de l'étain (232°), du cadmium (322°), du

plomb (326°), de l'antimoine (632°), du zinc (433°) et de l'argent (954°) (1). Dans l'appareil que nous avons eu en notre possession (de Carpentier à Paris), au déplacement de l'index lumineux d'une division de l'échelle (environ 1 millimètre) correspondait un changement de température approximativement égal à 9°; ainsi, le degré de précision de nos lectures s'approchait à 2° ou 3° près, ce qui était suffisant pour des observations préalables, dont le but principal était de déterminer la position des points particuliers ainsi que la forme générale de la courbe de fusion. Ces expériences commencent à offrir des sérieuses difficultés quand on opère à des températures supérieures à 380°, car alors la couche de paraffine qui couvre l'alliage entre en ébullition et menace de s'enflammer. Dans ces cas-là, pour éviter une oxydation, il faut faire passer un courant d'hydrogène sec sur la surface de l'alliage, ce qui complique beaucoup le travail et rend difficile toute observation. Pour obtenir des mesures plus détaillées et plus exactes, je me propose d'employer des pyromètres plus sensibles, avec enregistreur photographique du genre de ceux de MM. Roberts-Austen et Stansfield (2).

TABLEAU III

Alliages de cadmium avec sodium.

N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.	N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.
	Na.	Cd.			Na.	Cd.	
1	100,00	0,00	96°,0	13	48,96	51,04	372°
2	99,18	0,82	97°—95°	14	41,34	58,66	392°
3	98,26	1,74	114°	15	34,85	65,15	395°
4	95,83	4,17	180°	16	26,05	73,95	363°
5	91,88	8,12	242°	17	21,11	78,89	348°
6	86,11	13,89	306°	18	17,58	82,42	357°
7	81,18	18,82	325°	19	15,31	84,69	352°
8	69,92	30,08	338°	20	12,76	87,24	335°
9	60,82	39,18	348°	21	9,95	90,05	313°
10	58,82	41,18	352°	22	9,11	90,89	290°
11	53,05	46,95	368°	23	4,68	95,32	303°
12	52,00	48,00	363°	24	0,00	100,00	322°

(1) H. Gautier, *Bull. de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, 1896, octobre, p. 1293.

(2) Stansfield, *Phil. Magazine* (5) 46, 59 (1898).

TABLEAU IV
Alliages de plomb avec sodium.

N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.	N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.
	Na.	Pb.			Na.	Pb.	
1	99,20	0,80	95°	15	35,00	65,00	305°,5
2	96,20	3,80	252°	16	32,50	67,50	311°,5
3	94,25	5,75	268°	17	30,00	70,00	314°,5
4	89,44	10,56	339°	18	27,50	72,50	316°,0
5	82,93	17,07	389°	19	25,00	75,00	314°,0
6	77,31	22,69	396°	20	22,50	77,50	308°,7
7	70,99	29,01	420°	21	20,00	80,00	307°,5
8	61,85	38,15	391°	22	17,50	82,50	309°,0
9	53,53	46,47	382°	23	15,00	85,00	310°,5
10	38,46	61,54	300°	24	12,50	87,50	312°,0
11	37,19	62,81	285°	25	10,00	90,00	314°,0
12	32,73	67,27	327°	26	7,50	92,50	315°,5
13	40,00	60,00	304°,5	27	5,00	95,00	318°,5
14	37,50	62,50	297°,5	28	0,00	100,00	326°,0

Observation au tableau IV. — Les températures de fusion des alliages N°s 1 à 12 ont été déterminées au moyen du pyromètre thermo-électrique de Le Chatelier; pour les autres on a employé le thermomètre à mercure (avec l'acide carbonique).

TABLEAU V
Alliages de bismuth avec sodium.

N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.	N° N°.	POURCENTAGE ATOMIQUE.		TEMPÉRATURES de FUSION.
	Na.	Bi.			Na.	Bi.	
1	99,5	0,5	352°,0	5	25,0	75,0	236°
2	75,0	25,0	730° (1) environ.	6	20,0	80,0	204°
3	35,0	65,0	367°	7	15,0	85,0	232°
4	30,0	70,0	300°	8	10,0	90,0	246°
				9	»	100,0	268°

(1) Fondu dans l'atmosphère d'hydrogène.

La figure 2 représente graphiquement les données de ces trois tableaux.

La ligne NaOO, RCd montre la courbe de fusibilité des alliages de cadmium ;
NaPSP,Pb celle des alliages de plomb et NaMKBi celle des alliages de bismuth.

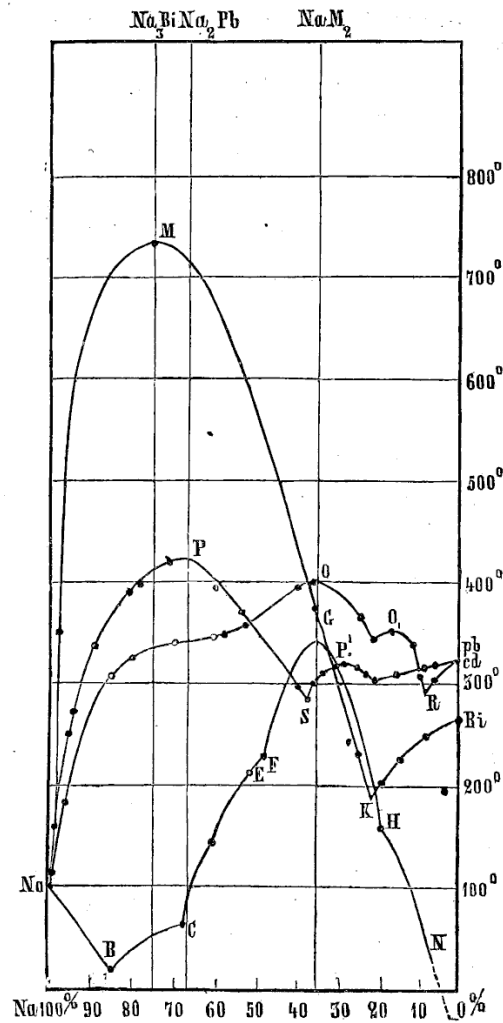


Fig. 2.

Pour pouvoir faire une comparaison, la figure 2 montre aussi la courbe de fusibilité des amalgames de sodium (Na BCEFGHN).

La solubilité de Cd et particulièrement celle de Pb et de Bi dans le sodium

est tellement insignifiante, que l'abaissement de température de fusion de ce dernier métal restait dans les limites d'incertitude des indications du pyromètre (1).

Comme on voit par le diagramme, les trois séries des alliages possèdent des maxima de température de fusion très nets, correspondants aux alliages déterminés et notamment :

NaCd₂ à 395° (point O).
Na₂Pb à 420° (— P).
Na₃Bi à 720° environ (point M).

En traitant avec de l'alcool les alliages de cadmium avec excès de sodium (60 à 70 de p. 100 atomes de Na), on obtient dans le résidu des petits cristaux brillants octaédriques de la composition Na Cd₂, qui ne se modifient pas sous l'action de l'alcool et réagissent lentement sur l'eau.

On a dissous 0,3961 grammes de cristaux octaédriques, lavés avec de l'alcool et de l'éther, dans l'acide nitrique; après avoir neutralisé la solution avec de la potasse caustique et ajouté un excès de KCN, on a obtenu par l'électrolyse 0,3619 grammes de Cd métallique (2).

	Calculé suivant la formule NaCd ₂ :	Trouvé :
Cd.	90,69 p. 100	91,39 p. 100

Ainsi, il n'est pas douteux que le type caractéristique de RHg₂ conserve aussi sa stabilité lorsqu'on substitue le mercure au cadmium.

Les alliages avec le rapport Cd : Na > 2, possèdent une grande tendance à cristalliser (cubes et prismes allongés); mais, jusqu'ici, ils n'ont pas encore été étudiés suffisamment. Le changement dans la marche de la courbe de fusibilité, changement qui correspond aux cristaux cubiques, se trouve près de 80 à 85 p. 100 atomies de Cd (près du point O₁).

Plus les propriétés métalloïdes de l'élément combiné avec le métal alcalin sont distinctes, plus est marqué le maximum de température de fusion dans le système binaire, en comparaison avec les valeurs correspondantes pour les éléments composants.

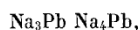
On a une confirmation évidente de ce fait avec la courbe de bismuth-sodium, dans laquelle la combinaison Na₃Bi fond à une température de 462 degrés plus élevée que le bismuth, qui est un composant le plus difficilement fusible dans le

(1) D'après les données de Heycock et de Neville (*Journ. Chem. Soc.* 55, 673, 675), le mélange eutectique pour 100 atomes de Na contient 0,8365 atomes de Cd, et l'abaissement de température de fusion de Na = 2°,06; l'abaissement respectif de température de fusion pour le plomb ne dépasse pas 0°,3.

(2) F. Beilstein et L. Jawein, *Ber. der deutsch. chem. Gesellschaft*, 12, 446, 759 (1879); Rimbach, *ibid.*, 30, 3073.

système. Le corps de la composition Na_3Bi a été déjà obtenu antérieurement par M. Joannis (1) en forme d'une masse granuleuse bleue-noire, par l'action du bismuth sur la solution de sodium dans l'ammoniaque liquide. La formule de cette combinaison montre d'une façon absolument évidente qu'elle appartient au type MH_3 des dérivés hydrogénés des éléments du V, groupe du système périodique.

D'après les observations analogues de M. Joannis, on peut aussi conclure qu'il existe plusieurs combinaisons du plomb avec le sodium et le potassium (Pb_2Na , 2NH_3 , PbK). On a, en outre, en présence de l'excès de sodium-ammonium et après le lavage avec de l'ammoniaque liquide, séparé le mélange pulvérulent d'amidure de sodium NH_2Na avec le corps Na_2Pb , qui est si bien caractérisé par la situation du maximum de température P dans le diagramme de fusibilité (fig. 2). La comparaison avec les courbes complexes des amalgames alcalins permet d'espérer qu'à l'aide de recherches successives plus détaillées on trouvera aussi d'autres représentants dans la série des combinaisons de Na et de Pb, par exemple :



dont on peut présumer l'existence en jugeant de la réaction des alliages du plomb et du sodium avec les alkyles haloïdes où on obtient, comme c'est connu, des substances appartenant aux types R_6Pb_2 et R_4Pb (Cahours et Loewig) (2).

J'ai trouvé aussi que, dans les alliages de sodium avec l'étain et avec l'antimoine et du lithium avec le mercure, les températures de maxima de fusion sont encore plus marquées que dans les cas cités plus haut. Ces températures sont plus élevées que celles du ramollissement du verre, mais je ne les ai pas encore mesurées plus exactement.

La caractéristique la plus nette de tous les systèmes que nous avons considérés est la formation de combinaisons métalliques qui fondent à une température plus élevée que celle de l'élément composant le plus difficilement fusible.

Jusqu'à présent, les exemples des alliages métalliques possédant ce caractère, qui témoigne de profondes transformations moléculaires pendant la combinaison des éléments, ont été assez rares (3). Il est intéressant que les faits connus se rattachent aux combinaisons déterminées de l'aluminium avec de l'or (Al_2Au) et avec l'antimoine (AlSb). La première fond à 1070° (Roberts-Austen), l'autre

(1) Joannis, C. R. 113, 795; 114, 583; Ber. der deutsch. chem. Gesellschaft, 24, 4; 25, 363 (Ref.).

(2) La situation du maximum secondaire de la courbe de plomb-sodium indique aussi l'existence de la combinaison Pb_nNa , où le coefficient n s'approche de 3.

(3) Osmond, Baumaterialienkunde, II, 55 (1897-1898); H. Gautier, Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, 1896, octobre, p. 1313.

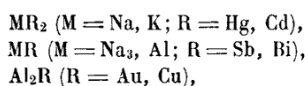
à 1 080° (Wright, van Aubel, Gautier), tandis que les températures de fusion des éléments composants sont égales : pour Al — 650°, pour Sb, — 632° et pour Au — 1 065°.

De ce qui précède, nous devons conclure que l'aluminium, dans Al_2Au , AlSb et autres combinaisons avec les métaux lourds, fonctionne comme un métal alcalin, et joue le même rôle que le potassium et le sodium dans les combinaisons décrites plus haut avec Hg, Cd, Pb, Bi, Sb et Sn. Cette analogie est confirmée par la propriété très développée de réaction chimique dans l'amalgame d'aluminium et dans ses alliages avec Sb, Sn, Ni et Fe, qui décomposent l'eau facilement (1).

En observant au microscope les surfaces polies de l'alliage Al et Sb, nous voyons une réaction tellement énergique à l'humidité de l'air qu'elle rappelle pleinement la réaction correspondante des amalgames alcalins. D'autre part, dans la composition de la combinaison AlSb possédant la température maxima de fusibilité, il se répète le même type qu'on a observé plus haut dans la combinaison du bismuth avec le sodium Na_3Bi .

Ainsi, l'étude des températures de fusion, de même que les autres propriétés des alliages métalliques, nous donnent la possibilité d'établir un groupe très étendu et bien déterminé des combinaisons contenant des métaux alcalins et terreux. D'après les données que nous possédons, la même propriété : de se combiner avec les métaux lourds de caractère acide, est aussi propre aux métaux alcalins-terreux (Hg, Ca, Sr, Ba). Ainsi, par exemple, dans l'amalgame du barium, le mercure est retenu avec une telle énergie qu'une grande partie de ce dernier ne peut pas être éliminée, même par un chauffage très fort (Maquenne).

Bien que les données que nous avons à notre disposition soient incomplètes et détachées, nous pouvons déjà, actuellement, distinguer dans ce groupe certains types caractéristiques et constants des combinaisons, comme par exemple :



dont, par voie de substitution, on obtient des séries analogues par leur composition et par leurs propriétés.

L'étude des phénomènes de substitution dans les combinaisons mutuelles des métaux constitue le but des recherches ultérieures de notre laboratoire.

En terminant, je me permets d'exprimer ma reconnaissance à MM. A. Kouznetzow et A. Pedachenko, pour leur aimable assistance dans le présent travail.

(1) V. Tischchenko : *De l'action de l'aluminium amalgamé sur les alcools*. Thèse, Saint-Pétersbourg, 1899, p. 154.

MÉTALLURGIE

LA TECHNIQUE DE LA MÉTALLOGRAPHIE MICROSCOPIQUE, par M. H. Le Chatelier,
Membre du Conseil.

La métallographie microscopique constitue, pour l'étude des alliages, une méthode d'analyse immédiate infiniment précieuse. Elle a ouvert à la chimie un nouveau champ d'investigation. Tous les perfectionnements apportés à un procédé d'un emploi aussi général ont leur intérêt; c'est là mon excuse pour publier les quelques notes qui vont suivre.

Mes premières recherches de métallographie ont été faites sous la direction de M. Osmond, qui a bien voulu m'initier personnellement à ses méthodes. Sans espérer mieux faire, j'ai cherché à opérer plus rapidement. Dans les travaux scientifiques, on doit avoir la même préoccupation d'économiser la main-d'œuvre que dans les fabrications industrielles. Le rendement scientifique de chacun est nécessairement limité par le temps disponible.

Les opérations métallographiques comprennent quatre parties distinctes:

- I. Préparation de la surface polie;
- II. Attaque chimique;
- III. Examen microscopique;
- IV. Préparation des alliages.

I. PRÉPARATION DE LA SURFACE POLIE

Cette préparation se divise elle-même en trois opérations:

- 1^o Découpage;
- 2^o Dégrossissage;
- 3^o Polissage.

1^o *Découpage.* — Les échantillons volumineux, comme les morceaux de rails, gueuses de fonte, doivent autant que possible être débités à l'usine en fragments plus petits. Il ne faut pas chercher à découper au laboratoire des échantillons pesant plus de 1 kilogramme si l'on ne veut pas s'exposer à une perte de temps considérable. L'échantillon final destiné à l'examen présentera des dimensions voisines de 10 millimètres.

Le découpage de ces petits échantillons se fait très facilement avec une scie à main pour tous les métaux dont la dureté ne dépasse pas celle de l'acier recuit, c'est-à-dire pour l'immense majorité des alliages. Le travail est très rapide avec les lames de scie dites américaines, de 1 millimètre d'épaisseur. Il y a seulement un certain tour de main à prendre pour ne pas émousser de suite toutes les dents. Il faut balancer la scie de telle sorte que l'attaque du métal commence toujours dans le centre de la masse et jamais vers les surfaces extérieures. Le fond du trait de scie est alors courbe, comme le montre le croquis ci-joint; la scie, tangente en un point, attaque d'abord la partie centrale puis est inclinée de plus en plus pendant son mouvement de progression,

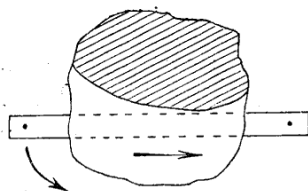


Fig. 1.

jusqu'au moment où le point de contact arrive au bord. La scie est alors relevée, de façon à reprendre son point de contact vers le centre, puis tirée et en même temps inclinée en sens inverse.

Pour les métaux durs, fragiles, comme la fonte blanche, le plus simple est d'employer le marteau; il a seulement l'inconvénient de donner des fragments irréguliers. Si l'on a un moteur, il est préférable de découper l'échantillon avec une meule mince d'émeri. Une force de un quart de cheval environ est nécessaire pour un travail un peu rapide. C'est le seul procédé que l'on puisse employer avec les aciers trempés et revenus, qui sont trop durs pour être sciés et pas assez fragiles pour être cassés.

2° *Dégrossissage*. — Cette opération est habituellement commencée avec la lime ou la meule et continuée avec des papiers d'émeri du commerce de grosseur décroissante. Elle doit donner une surface doucie, faisant déjà miroir, restée bien plane et exempte de grosses rayures.

Ce travail est long et fastidieux, tout en exigeant beaucoup de soins en raison de son influence sur l'opération finale du polissage. Les essais que j'ai faits pour le rendre plus rapide ne m'ont donné jusqu'ici aucuns résultats méritant d'être rapportés.

3° *Polissage*. — J'ai réussi, au contraire, à abrégier et à simplifier notablement cette opération par une préparation convenable des matières à polir. Cette opération, qui était considérée jusqu'ici comme la plus pénible des trois, devient, au contraire, la plus rapide. Le point capital dans la préparation des matières à polir, et il aurait sans doute son importance dans la préparation des émeris, est d'arriver à un classement absolument rigoureux par ordre de grosseur. Le procédé de lévigation usité dans l'industrie est tout à fait défectueux; même employé au laboratoire, avec les précautions indiquées par M. Osmond, les résultats sont encore peu satisfaisants. On obtient, au contraire, un classement

parfait avec la méthode de lavage employée par M. Schlœsing pour l'analyse des kaolins.

Les matières pulvérulentes mises en suspension dans de l'eau renfermant des sels de chaux tendent à s'agglomérer en grumeaux réunissant ensemble parties fines et gros grains. Il suffit, pour produire cet effet, de quantités très minimes de sels solubles; par exemple, le carbonate de chaux des eaux ordinaires est en quantité plus que suffisante. Aussi l'eau ordinaire ne peut-elle donner qu'une mauvaise lévigation. C'est à la formation de ces grumeaux que tient la précipitation rapide des matières argileuses en suspension dans les eaux calcaires.

M. Schlœsing traite les poudres qu'il veut classer par de l'eau acidulée nitrique au millième pour dissoudre les carbonate, sulfate de chaux et autres sels qui peuvent souiller la matière. Après agitation et contact de quelques heures, on laisse le mélange déposer. La poudre tombe rapidement au fond et il surnage un liquide clair, acide, que l'on décante bien complètement. On le remplace par de l'eau distillée, on agite et on abandonne de nouveau au repos pour faire une nouvelle décantation. Après quelques opérations semblables, quand tout l'acide a été enlevé, le dépôt se fait moins rapidement et le liquide surnageant reste laiteux. On est alors dans de bonnes conditions pour la lévigation, on les rend meilleures encore en ajoutant 2 centimètres cubes d'ammoniaque par litre de liquide, ce qui facilite la suspension des parties les plus fines. On procède alors à la décantation à des intervalles déterminés en employant un siphon recourbé en crochet pour éviter l'agitation du dépôt.

En traitant à la fois 10 grammes de poudre dans un flacon d'un litre, on peut siphonner les neuf dixièmes du liquide sans avoir à craindre l'agitation du dépôt.

Les décantations se font aux intervalles de temps suivants :

- 1/4 d'heure ;
- 1 heure ;
- 4 heures ;
- 24 heures ;
- 8 jours.

Le dépôt formé pendant le premier quart d'heure renferme tous les grains grossiers impropres au polissage (1). Le liquide décanté et abandonné à un nouveau repos d'une heure donne une matière pas encore très régulière, mais qui peut servir au début du polissage. Le troisième dépôt, obtenu après un repos de quatre heures du second liquide décanté, donne déjà une bonne poudre à polir pour les métaux durs comme le fer. Mais c'est le dépôt formé entre le premier et le huitième jour qui constitue la véritable poudre à polir.

Au lieu d'attendre huit jours la formation du dernier dépôt, on peut le

(1) On pourra soumettre ce résidu à un second lavage pour recueillir quelques parties fines qu'il a pu entraîner.

précipiter aussitôt la décantation de vingt-quatre heures en ajoutant de l'acide acétique pour saturer l'ammoniaque. La totalité de la poudre restée en suspension se dépose en quelques heures. On a seulement le petit inconvénient d'entraîner quelques parties très fines et peu actives qui seraient encore restées en suspension après le huitième jour.

Il n'est pas besoin d'insister sur la propreté extrême nécessaire dans toutes ces opérations. Les vases, les siphons, les mains doivent être lavés avec le plus grand soin; les vases toujours maintenus couverts pour les préserver des poussières. Les soins minutieux de propreté constituant d'ailleurs à eux seuls la moitié de l'art du polissage.

Une fois les poudres préparées, il faut les conserver pour l'usage et éviter toute introduction de matières étrangères. Un procédé qui m'a donné de très bons résultats consiste à en faire une pâte avec du savon. Pour cela on prend le centre d'un morceau de savon de Marseille bien sec et on le racle avec un couteau très propre. La poudre de savon ainsi obtenue est ajoutée à la matière décantée encore humide dans la proportion de une partie de savon sec pour dix parties d'eau imbibant la matière, on fait fondre au bain-marie, on laisse refroidir en agitant jusqu'à ce que le mélange commence à épaissir, et on coule dans des tubes en étain tels qu'on les emploie pour les couleuses à l'huile. Après refroidissement complet, on ferme le tube, qui est rempli d'une pâte d'un emploi et d'une conservation très commode (1).

Ce procédé de lévigation peut être appliqué à des poudres de composition quelconque pourvu que la forme des grains soit à peu près régulière. Les matières lamellaires, comme la silice d'infusoire, le carborundum, restent beaucoup plus longtemps en suspension, et les dépôts obtenus dans les conditions indiquées plus haut sont beaucoup trop grossiers pour servir au polissage final.

Les matières qui m'ont donné les meilleurs résultats sont rangées dans leur ordre de qualité:

Alumine provenant de la calcination de l'alun ammoniacal;

Potée d'émeri du commerce;

Oxyde de chrome provenant de la combustion du bichromate d'ammoniaque;

Oxyde de fer provenant de la calcination à l'air de l'oxalate de fer.

Ces deux dernières matières doivent, avant la lévigation, être désagrégées au mortier ou mieux au broyeur à billes pour détruire les agglomérations très friables qui se sont produites sous l'action de la chaleur et qui suffiraient à empêcher la mise en suspension.

L'alumine donne de beaucoup les meilleurs résultats comme rapidité de

(1) Des pâtes à polir semblables sont préparées par la maison Poulenc frères, fabricants de produits chimiques à Paris.

polissage; le rendement à la lévigation en matière fine est assez satisfaisant. On peut utiliser 25 p. 100 au moins du poids de la matière traitée.

La potée d'émeri donne un rendement assez faible en matière fine destinée à l'achèvement du polissage; ce sont les premiers dépôts plus grossiers pour le commencement du polissage qu'il faut seuls chercher à retirer de la potée.

Le sesquioxyde de chrome donne un rendement énorme : 80 p. 100 au moins en matière fine à polir. Pour le polissage du fer et de l'acier, il est un peu moins avantageux que l'alumine. Il convient mieux pour les métaux plus mous, comme les alliages du cuivre. On peut, dans ce cas, utiliser les parties plus fines, encore très abondantes, qui sont restées en suspension après trois ou quatre jours.

L'oxyde de fer vient loin derrière l'oxyde de chrome pour le polissage du fer; son action est très lente. Le rendement en matières fines est assez élevé, moindre cependant que celui de l'oxyde de chrome.

Les supports sur lesquels ces matières sont employées pour le polissage doivent être souples, pour s'appliquer sur toute la surface de l'échantillon, mais pas plus qu'il ne faut cependant, sans quoi les parties les plus tendres de l'alliage se creusent plus profondément, et, au lieu d'une surface polie, on a une surface irrégulière, qui ne peut être facilement examinée avec de forts grossissements du microscope. La qualité essentielle avant tout de ces supports est de ne pas renfermer de grains durs capables de rayer le métal. Les matières d'origine animale ayant subi le moins de manipulations possible, comme l'albumine, la peau, sont préférables, mais on peut employer le papier, le drap, le velours, le feutre. Il faut alors examiner avec grand soin ces produits manufacturés et s'assurer qu'ils ne rayent pas une surface polie de métal, de bronze par exemple.

Pour le polissage du fer et de l'acier dégrossis au préalable avec les papiers d'émeri du commerce, jusques et y compris la potée la plus fine, j'emploie :

1° Un papier d'émeri préparé à l'albumine suivant les indications de M. Osmond, avec le dépôt obtenu entre un quart d'heure et une heure, dans le lavage à l'ammoniaque de la potée d'émeri;

2° Un disque en feutre du commerce enduit de la pâte au savon préparée avec le dépôt d'alumine ou de potée obtenue entre une heure et trois heures. On travaille avec la circonférence extérieure du disque, sans avoir à craindre de trop creuser l'échantillon qui est presque toujours resté trop bombé après le passage sur le papier d'émeri;

3° Un disque plan en bois, en métal ou en ébonite, recouvert d'un drap, d'un velours ou d'une peau solidement collée, sur laquelle on étend la préparation au savon obtenue avec le dépôt d'alumine séparé après vingt-quatre heures.

Ces deux derniers disques sont montés sur une machine pouvant donner une grande vitesse de rotation; la machine de la maison Grauer, avec commande au pied et roulement sur billes, permet d'obtenir sans grande fatigue une

bonne vitesse. Il faut assez fréquemment mouiller les disques avec un pinceau ou une éponge humide, car ils se dessèchent très rapidement sous l'action de la force centrifuge qui égoutte d'abord l'excès d'eau et fait évaporer le reste par le courant d'air. La disposition verticale du plan des disques, dans cette machine, a l'avantage de permettre moins facilement le dépôt des poussières à leur

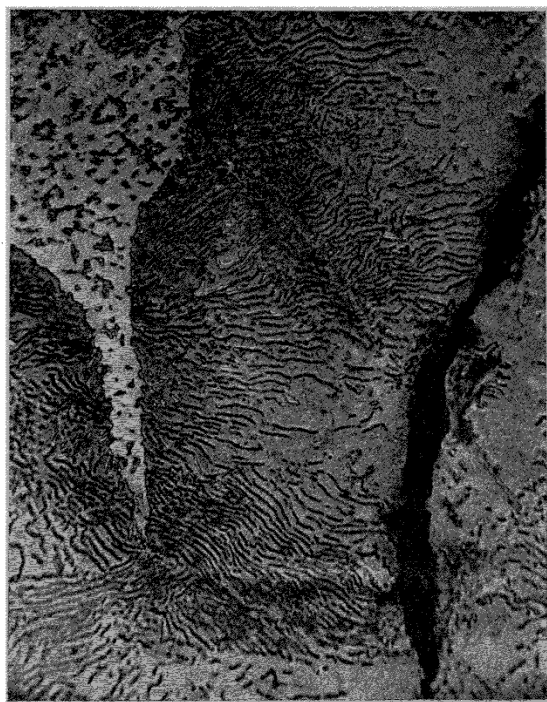


Fig. 2. — Fonte grise de moulage de bonne qualité. Grossissement 660 en diamètre.

surface. Il faut néanmoins les couvrir avec grand soin quand on ne s'en sert pas.

Dans la dernière phase du polissage, il est important de tourner constamment l'échantillon afin d'éviter de creuser des sillons à partir de chacune des petites piqures où la matière à polir s'accumule. Le procédé le plus simple consiste à déplacer d'une façon continue l'échantillon sur ce disque en sens inverse du mouvement de rotation. En laissant fixe dans l'espace l'orientation de l'échantillon, celui-ci se trouve successivement en contact avec des parties du disque dont le sens du mouvement varie d'une façon continue aux différents points de la circonférence, pour reprendre la même direction après chaque tour complet effectué à la main.

Dans ces conditions de travail, on arrive à terminer l'opération du polissage proprement dit en cinq minutes environ.

II. ATTAQUE DE LA SURFACE POLIE

Le procédé qui me semble le plus rationnel, et que j'ai indiqué antérieurement, consiste à effectuer l'attaque sous l'action du courant électrique au sein

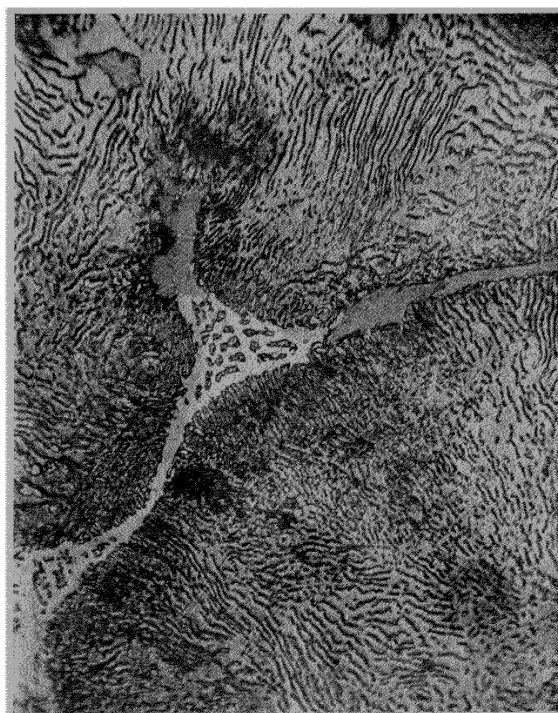


Fig. 3. — Fonte grise de moulage de bonne qualité. Grossissement 660.

d'une dissolution sans action sur le métal. On peut alors, par l'intensité du courant, régler l'énergie de l'attaque. Cette méthode donne d'excellents résultats, avec les alliages de cuivre, immergés dans des solutions diluées de potasse ou d'ammoniaque. L'intensité de courant nécessaire varie de $\frac{1}{1\ 000}$ à $\frac{1}{100}$ d'ampère par centimètre carré, avec une durée d'action variant de quelques secondes à quelques minutes suivant l'intensité du courant. On emploie une pile donnant un voltage connu, 4 à 5 volts par exemple, et on intercale des résistances appropriées.

Pour le fer, je n'ai pas obtenu d'aussi bons résultats; les moins mauvais ont été obtenus avec une solution froide et bien neutre de persulfate de potasse, ou avec une solution chaude et neutre d'hyposulfite de soude. On neutralise le liquide par l'addition d'une pincée de carbonate de chaux précipité. Mais, incontestablement, dans l'état actuel, le meilleur procédé d'attaque des fers est celui du polissage, — attaque recommandée par M. Osmond. La variante suivante, très simple, convient dans presque tous les cas. De la teinture d'iode du com-



Fig. 4. — Fonte grise de bonne qualité (fig. 3) après recuit. Grossissement 660.

merce étendue de quatre fois son volume d'alcool ordinaire est mise sur le bout d'un doigt avec lequel on frotte l'échantillon. On recommence deux ou trois fois l'opération jusqu'à ce que l'on commence à apercevoir un léger voile gris sur la surface polie, qui ne doit pas cependant être assez attaquée pour cesser d'être réfléchissante.

Je donne ici (fig. 2 à 5), à titre d'exemple, des préparations de fonte grise obtenues par ce traitement (660 diamètres).

L'avantage d'un léger frottement est d'obtenir une attaque régulière sur toute l'étendue de la préparation, de conserver leur éclat aux parties qui ne s'atta-

quent pas ou qui s'attaquent le moins, et enfin d'empêcher les empâtements dans les parties fines, comme la perlite, dont les détails peuvent être masqués par des dépôts provenant de l'attaque de régions voisines.

On lave ensuite et on sèche comme d'habitude. Pour conserver longtemps les préparations en les empêchant de s'altérer, le procédé le plus simple consiste à les vernir avec le Zapon, dissolution de coton nitrique dans l'acétate

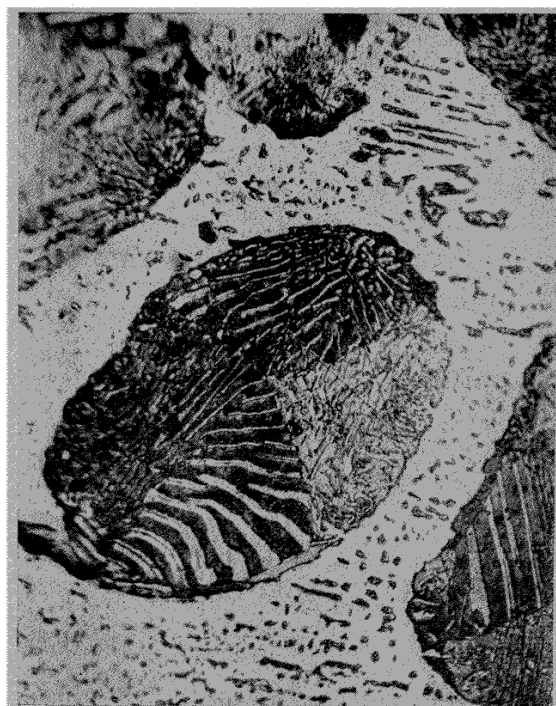


Fig. 5. — Fonte grise anormale. Grossissement 660.

d'amyle. La couche de vernis, très mince et très transparente, permet l'examen aux plus forts grossissements du microscope; elle donne une conservation suffisante de l'échantillon pendant plusieurs mois. Cela ne vaut pas certainement la conservation dans l'huile ou dans le baume, mais, pour les travaux courants, cela est infiniment plus commode.

III. EXAMEN MICROSCOPIQUE

L'examen microscopique et la photographie exigent des installations coûteuses et des manipulations délicates que je me suis efforcé de simplifier autant que possible.

J'ai fait construire par M. Pellin un microscope dont les figures 6 à 9 reproduisent les dispositions principales.

L'objectif est renversé et regarde vers le haut, ce qui permet d'examiner, quand cela est utile, des objets très volumineux. J'ai pu étudier ainsi une section d'un joint Fall pour rail de tramways qui avait 250 millimètres de large. Mais surtout cette disposition permet de se contenter, pour les échantillons ordinaires, d'une seule face plane, qui est posée directement sur un support remplaçant la platine du microscope. On est dispensé soit du réglage, indispensable dans les micro-

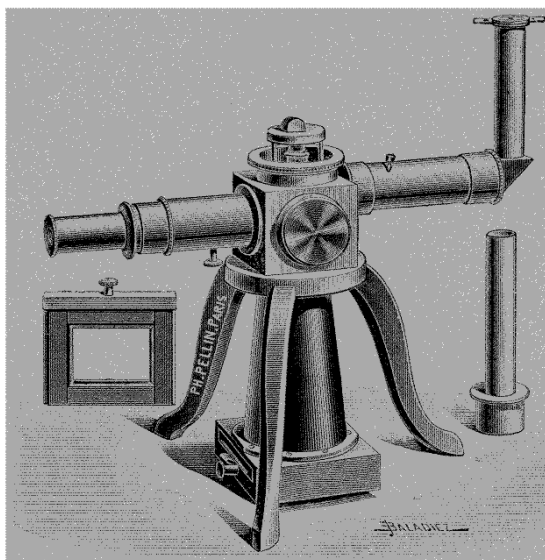


Fig. 6.

scopes ordinaires pour orienter la surface examinée perpendiculairement à l'axe de l'appareil, soit de la sujétion plus grande encore de tailler sur l'échantillon deux faces planes et parallèles. Il en résulte de toute façon une économie de temps notable.

L'oculaire F est (fig. 7) placé horizontalement sur le côté et reçoit l'image qui lui est renvoyée par un prisme à réflexion totale E, placé sous l'objectif. L'examen se fait donc facilement en étant assis devant une table.

La mise au point se fait au moyen d'une monture à vis C, qui entoure l'objectif et reçoit les supports B. Sa face plane doit être rigoureusement perpendiculaire à l'axe de l'objectif. Les supports, portés par trois pointes, ont une épaisseur bien régulière de façon à assurer la bonne orientation de la préparation.

Mais, dans un microscope à métaux, l'appareil éclairer est la partie la plus délicate à régler. En général, ce réglage se fait par tâtonnements en agissant

sur un grand nombre de pièces mobiles. J'ai cherché à réduire ces tâtonnements au minimum et à donner à chacun un effet de nature bien déterminée. Ils se réduisent à deux : la variation d'*ouverture* et la variation de *position* d'un même diaphragme M, qui est placé de telle sorte que :

1° L'*ouverture* du diaphragme commande l'angle du faisceau lumineux qui tombe en chaque point de la préparation. Cet angle doit varier avec la nature et la qualité de l'objectif, comme cela a lieu dans les objectifs de photographie. Plus l'angle est grand, plus l'influence des aberrations de sphéricité se fait sentir,

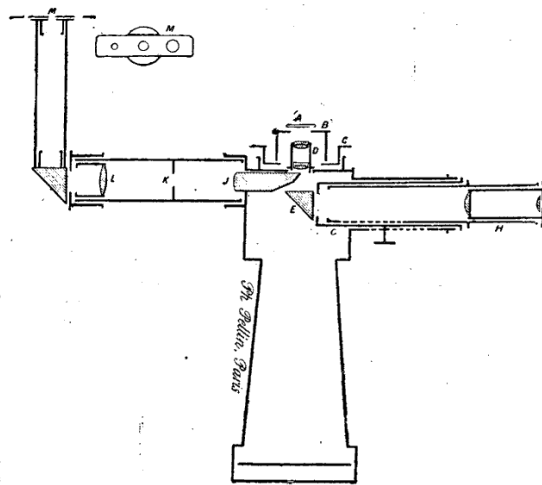


Fig. 7.

A, métal examiné; B, support; C, vis de mise au point; D, objectif; E, prisme à réflexion totale; F, oculaire; G, tube mobile porte-prisme; H, tube divisé portant l'oculaire; J, prisme-lentille éclairateur; K, diaphragme iris; L, lentille; M, diaphragme.

et, au contraire, plus l'angle est petit, plus les franges de diffraction se développent. La netteté la plus grande est obtenue pour un certain angle moyen, que l'on doit, dans chaque cas, régler par tâtonnement.

2° La *position* de ce diaphragme commande l'inclinaison moyenne du faisceau qui tombe sur la préparation. Au point de vue de la netteté, cette direction devrait se rapprocher de la normale, mais on est obligé de s'en éloigner pour atténuer la proportion de lumière réfléchie par les lentilles et arrivant à l'œil. Pour une inclinaison convenable, la majeure partie de la lumière ainsi diffusée peut être arrêtée par le prisme éclairateur lui-même.

Le diaphragme M, qui sert à régler l'éclairage, est placé au foyer principal du système optique complexe constitué par l'objectif D, le prisme éclairateur E et la lentille L. Pour déterminer sa position, on cherche avec une loupe l'image d'un point lumineux placé verticalement au-dessus de l'objectif à une distance

assez grande : 2 ou 3 mètres par exemple, ou, plus facilement, d'un point semblable situé horizontalement en renvoyant les rayons lumineux dans l'objectif au moyen d'un prisme à réflexion totale placé au-dessus. On fait cette détermination, pour ses différents objectifs, une fois pour toutes, et on conserve en note les tirages correspondants du tube porte-diaphragme.

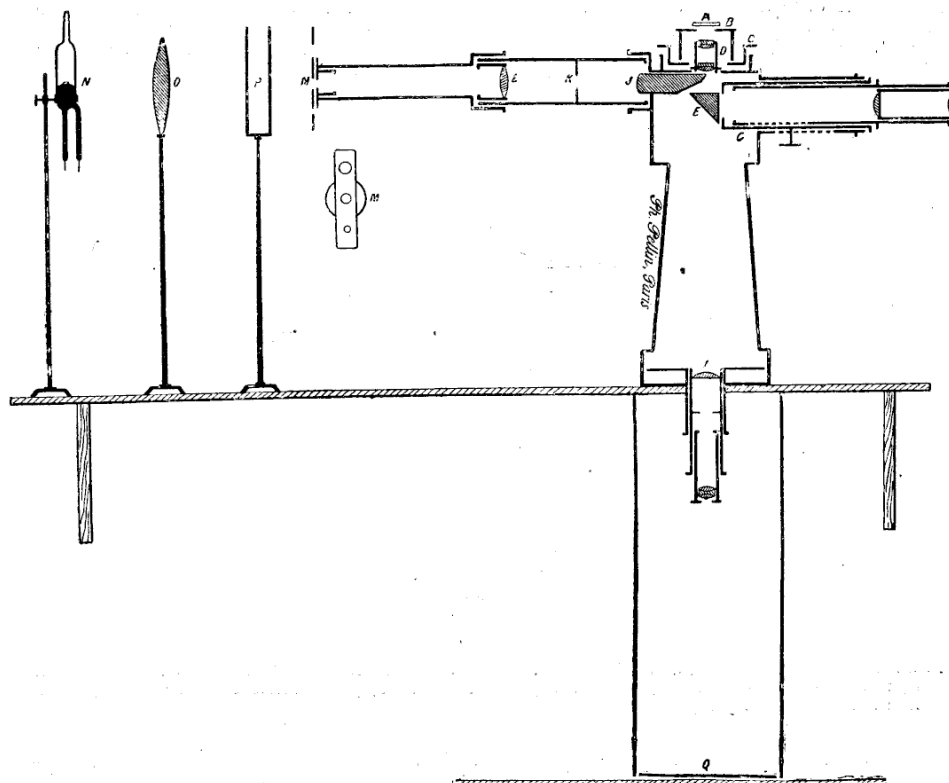


Fig. 8.

N, source lumineuse; O, lentille; P, cuves absorbantes; Q, plaque photographique. — I. Oculaire à projection pour photographie;

Le diaphragme K a pour objet d'arrêter tous les rayons lumineux tombant sur des points de la préparation autres que ceux que l'on examine. On le ferme jusqu'au moment où l'on voit apparaître ses bords dans le champ du microscope et l'on n'a plus à y toucher ensuite, tant que l'on ne change pas d'oculaire. Cette élimination des rayons inutiles est très importante pour réduire la lumière diffusée en arrière par les lentilles de l'objectif.

Le tube qui porte le diaphragme M peut, suivant la disposition de la source lumineuse dont on dispose, être droit (fig. 6 et 8), la source lumineuse doit

alors se trouver au niveau du diaphragme ou coudé avec un prisme à réflexion totale (fig. 7), ce qui permet de placer la source lumineuse à un niveau quelconque. Mais il y a, dans ce cas, une petite complication pour orienter la languette porte-diaphragme de façon que son image réfléchi par le prisme soit verticale. Il est en général préférable de disposer la source lumineuse de façon à pouvoir conserver au tube porte-diaphragme la position horizontale.

Comme source lumineuse N, la plus commode, s'il s'agit du simple examen à la vue, est un bec à gaz Auer dont on atténue, si besoin est, la lumière en interposant des verres dépolis ou des feuilles de papier minces. On place le manchon à une dizaine de centimètres au plus du diaphragme M de façon à utiliser toute la surface de celui-ci.

La *photographie* microscopique a une très grande importance pour conserver une trace durable des différentes préparations métalliques étudiées. Le dispositif de mon microscope a surtout été étudié au point de vue de son usage pour la photographie. Il présente à ce point de vue quelques dispositions particulières.

Tout le système photographique est disposé verticalement au-dessous de l'objectif. Pendant l'examen à la vue directe, il est masqué par le prisme à réflexion totale E. Mais ce prisme est porté par une monture mobile, que l'on peut tirer en arrière de façon à rendre le champ libre.

La chambre obscure peut recevoir à la partie inférieure des châssis pour clichés $4,5 \times 6$ centimètres; la distance est telle que, lorsque l'image donnée par l'objectif est nette sur la plaque, elle est également nette, après avoir repoussé le prisme, pour une position moyenne de l'oculaire à vision directe. On cherche cette position exacte par tâtonnements, en faisant une série de photographies après mise au point, dans différentes positions de l'oculaire. Celui-ci est porté par un tube divisé qui permet de repérer très exactement ses positions.

La distance de la plaque à l'objectif est, bien entendu, celle pour laquelle les aberrations de l'objectif ont été corrigées, c'est-à-dire 170 millimètres pour les objectifs français et allemands, 250 millimètres pour les objectifs anglais.

L'image obtenue a 15 millimètres de diamètre; elle est extrêmement nette, et pourrait supporter un agrandissement ultérieur de 10 diamètres, n'était le grain des plaques. Pratiquement, on ne peut guère dépasser un grossissement linéaire de trois fois, ce qui donne des épreuves de 45 millimètres, très convenables pour les projections.

Mais il est préférable d'effectuer de suite le grossissement de l'image avant de la recevoir sur la plaque. Pour cela, on installe à la place du petit châssis un oculaire à projection grossissant deux fois, et on place la plaque photographique, de dimension 9×12 par exemple, 1 mètre plus bas. Un dispositif assez commode consiste à placer le microscope sur une table, ou mieux sur une

tablette fixée au mur, sous laquelle on dispose la chambre noire et le châssis. Cette table ou cette tablette sont percées d'un trou au-dessus duquel on place l'oculaire à projection, comme cela est indiqué figure 8. La mise au point se fait, comme dans le cas précédent, au moyen de l'oculaire à vision directe, après avoir réglé par tâtonnement sa position convenable. Il faut seulement avoir soin, en raison du grossissement considérable obtenu, d'employer un oculaire très fort, le n° 5 de Zeiss par exemple, de façon à avoir une mise au point très précise.

Avec ce dispositif et un objectif de 3 millimètres de distance focale, on obtient au grossissement de 500 diamètres des images très nettes.

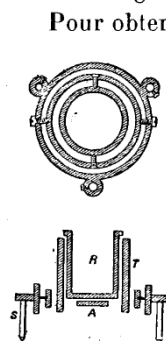


Fig. 9.

Pour obtenir des images nettes dans toute leur étendue, il faut que la surface de l'objet soit rigoureusement perpendiculaire à l'axe de l'objectif. Il ne suffit pas toujours pour la photographie de la poser sur le support, comme pour l'examen par vision directe. Il est préférable d'employer le support dessiné dans la figure 9. L'objet A est collé avec de la cire à cacheter, de la cire dure, sur un bouchon en liège ou un tube métallique R, qui entre à frottement dans le tube central T. Celui-ci peut tourner autour de deux axes perpendiculaires à sa longueur, qui sont portés par deux anneaux concentriques. L'anneau extérieur porte en outre trois pointes, par lesquelles l'appareil repose sur la platine du microscope ou sur l'un des supports. Il faut amener la surface du métal à être bien parallèle au plan passant par ces trois pointes. Pour cela, on retourne l'appareil à l'envers, et l'on pose sur les trois pointes une feuille de verre à faces bien planes : un morceau de glace. On dispose l'œil de façon à voir par réflexion sur cette feuille de verre un point lumineux situé à grande distance, puis on incline le cylindre central jusqu'au moment où l'image, réfléchiée par le métal, vient se superposer à celle réfléchiée par le verre ; le parallélisme est alors établi.

L'éclairage présente une importance capitale au point de vue de la photographie. Le bec Auer, les flammes d'acétylène, la lumière oxhydrique sont très convenables, si l'on veut se contenter de l'emploi de la lumière blanche. Il faut, dans tous les cas, que la source lumineuse couvre complètement le diaphragme M. Si la source est petite, comme la perle de magnésie dans la lumière oxhydrique, on ne peut se contenter de la placer derrière le diaphragme, il faut projeter son image sur le diaphragme au moyen d'une lentille supplémentaire O (fig. 8) que l'on dispose de façon à obtenir quand cela est nécessaire une image amplifiée de la source lumineuse. Cela est indispensable si l'on se propose d'employer une étincelle électrique jaillissant entre deux pointes de magnésium par exemple.

Mais il est préférable d'employer systématiquement une radiation monochro-

matique parce que les objectifs dits achromatiques et apochromatiques ne le sont jamais complètement. Il est probable même que l'on aurait avantage à employer des objectifs dans lesquels on laisserait complètement de côté l'achromatisme en s'efforçant de corriger plus complètement les aberrations de sphéricité. On aurait en tout cas, en n'employant qu'une seule nature de verre, l'avantage de pouvoir choisir des verres plus résistants et de réaliser des objectifs d'une construction bien moins coûteuse.

On obtient très facilement une lumière monochromatique excellente pour la photographie avec les lampes à arc de mercure dans le vide.

Celle que j'emploie présente les particularités suivantes. L'espace supérieur vide est (fig. 10) très volumineux pour augmenter la surface rayonnante et par suite limiter l'échauffement de la lampe, ce qui est indispensable pour un travail un peu prolongé. Le tube central en verre est entouré d'un enduit réfractaire qui prolonge considérablement l'existence de l'appareil. Cette lampe est construite par M. Chabaud. Le temps de pose nécessaire est de une à deux minutes avec l'emploi de oculaire à projection indiqué ici.

D'après les recherches de MM. Parrot et Fabry, les radiations émises par cet arc sont les suivantes :

2 raies jaunes.	0 ^h ,377 et 0 ^h ,579
1 raie verte	0 ^h ,536
1 raie indigo.	0 ^h ,436
Plusieurs raies violettes et ultra-violettes.	

On peut isoler à volonté la radiation verte, très favorable pour l'examen à la vue, ou la raie indigo, très favorable pour la photographie.

Pour avoir la raie verte, on interpose une cuve de 3 millimètres d'épaisseur renfermant une solution de bichromate de potasse, qui arrête les radiations indigo, violette et ultra-violette, et une cuve renfermant une solution saturée de chlorure de didyme qui arrête les radiations jaunes.

Pour avoir la raie indigo, on emploie une solution acide de sulfate de quinine qui arrête les raies violette et ultra-violette, avec une solution ammoniacale de cuivre qui arrête les radiations jaune et verte. Mais, pour la photographie, on peut se dispenser de cette dernière dissolution, parce que les radiations jaune et verte sont sans action sur les plaques photographiques ordinaires.

Cette lampe au mercure doit être actionnée de préférence par le courant continu. La différence de force électromotrice entre les deux pôles varie de 15 à 25 volts, à mesure que la lampe s'échauffe. L'intensité de courant nécessaire

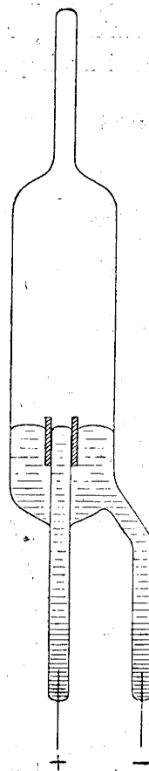


Fig. 10.

pour la mise en marche est de 4 ampères; elle peut être abaissée à 2 ampères quand la lampe est chaude. On doit prendre 3 ampères pour la marche normale.

IV. PRÉPARATION DES ALLIAGES

La métallographie microscopique peut avoir pour objet l'étude d'alliages déterminés, par exemple de métaux préparés industriellement, mais elle peut aussi avoir pour objet l'étude chimique des différentes combinaisons que deux



Fig. 11. — Aluminium et alliage eutectique de Al et Al^3Cu .



Fig. 12. — Cristaux de Al^2Cu .

métaux peuvent former ensemble. On est conduit, dans ce cas, à préparer un très grand nombre d'alliages de compositions différentes pour être certain de ne pas laisser passer inaperçues quelques-unes des combinaisons, et il faut de longs tâtonnements pour tomber sur les préparations intéressantes à observer. J'ai obtenu des résultats beaucoup plus satisfaisants en superposant les deux métaux de façon qu'ils ne se mêlent qu'au voisinage de leur surface de contact. En faisant une coupe verticale du culot, on a la succession continue de tous les alliages depuis un métal pur jusqu'à l'autre.

Cette superposition n'est pas, il est vrai, facile à obtenir, et on fait beaucoup d'essais infructueux avant d'en réussir un. Il faut d'abord empêcher la formation d'une couche d'oxyde à la surface des métaux, elle s'opposerait à leur contact; on l'évite assez facilement en fondant les métaux sous une couche d'un sel fusible approprié, par exemple, pour les alliages du cuivre, sous une couche

d'un mélange à poids égaux de chlorure de sodium et de chlorure de potassium, additionnés ou non de poudre de charbon, de cyanure de potassium, etc. Mais souvent la réaction est tumultueuse par suite de la chaleur dégagée ou autrement et le brassage se fait complètement aussitôt les métaux fondus. D'autres fois, certaines combinaisons sont plus denses que le plus dense des métaux en présence, et alors la superposition complète est impossible.

Je donnerai ici, à titre d'exemples, quelques photographies prises sur un culot superposé cuivre-aluminium. Elles montrent très nettement que ces deux

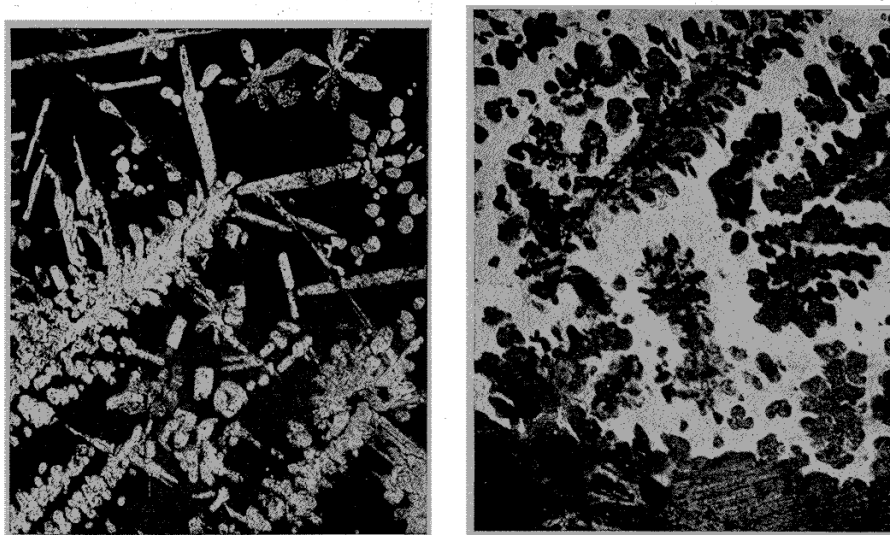


Fig. 13 et 14. — Cristaux d'une combinaison voisine de AlCu. Fig. 13.

métaux donnent au moins quatre combinaisons définies différentes : Al^2Cu et AlCu^3 , dont j'ai précédemment établi l'existence par l'étude des fusibilités et des dilatations, et en outre deux combinaisons intermédiaires, dont je n'ai pas encore établi la composition. Les grossissements sont uniformément de 150 diamètres. L'attaque a été produite sous l'action du courant en solution ammoniacale pour les parties du culot les plus riches en aluminium, et en solution potassique pour les parties les plus riches en cuivre.

La figure 11 correspond au sommet du culot; les grands cristallites noirs sont de l'aluminium; dans l'intervalle, l'alliage eutectique, de Al et Al^3Cu .

La figure 12 donne des cristaux d'apparence cubique de la combinaison Al^3Cu .

Les figures 13 et 14, des cristaux d'une combinaison non encore déterminée,

voisine de AlCu . Il n'y a pas d'alliage eutectique proprement dit autour de ces

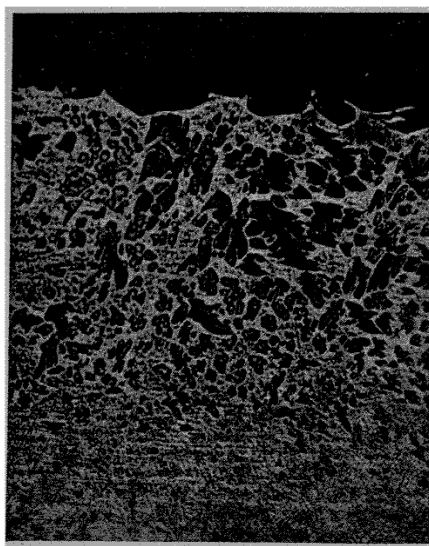
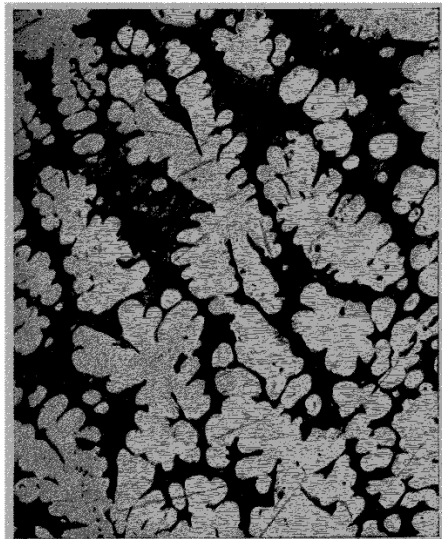
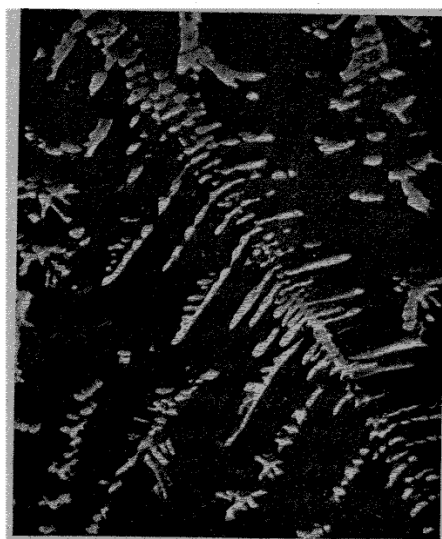


Fig. 15.

Fig. 16. — Cristaux de AlCu_3 .Fig. 17. — Cristaux de $\text{Zn}+\text{Cu}$
après une faible attaque.Fig. 18. — Cristaux de $\text{Zn}+\text{Cu}$
après une attaque profonde.

cristaux; ils semblent se développer dans une masse homogène qui passe d'une façon insensible aux cristaux de Al^2Cu .

La figure 15 représente des cristaux d'une combinaison voisine de la pré-



Fig. 19. — Eutectique de Zn₄Cu et Zn₃Cu.



Fig. 20. — Cristaux de Zn₃Cu.

cédente. Elle en est séparée par un alliage eutectique qui ne peut être distingué qu'avec de plus forts grossissements.

La figure 16 représente des cristaux du composé AlCu³.

Nous donnerons, comme seconde application de cette méthode d'étude des alliages, quelques résultats relatifs aux alliages de cuivre et zinc dont la constitution a été établie antérieurement par les travaux de M. Charpy.

Les figures 17 et 18 donnent les cristaux du composé auquel a été attribuée la formule Zn⁴Cu, la figure 17 après une faible attaque, la figure 18 après une attaque profonde. Cette différence des contours indique que les cristaux ne sont pas homogènes.

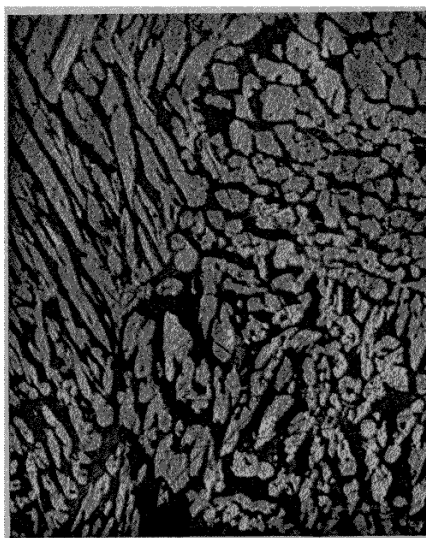


Fig. 29. — Cristaux de ZnCu.

Les figures 19 et 20 donnent, la première, l'eutectique de Zn⁴Cu et Zn³Cu.

Ce dernier composé est fissuré et fragmenté dans tous les sens. La seconde donne les cristaux de Zn^2Cu au milieu d'un alliage eutectique mal caractérisé.

Enfin la figure 21 donne des cristaux de ZnCu , qui constitue l'élément essentiel des laitons forgeables. On remarquera qu'un grand nombre de bandes parallèles appartiennent à un même individu cristallin.

Je n'ai pas obtenu les cristaux maclés de ZnCu^2 des laitons ordinaires, bien connus depuis les travaux de M. Charpy, car ils ne s'obtiennent que par le recuit. Le bas du culot était composé de cristallites dendritiques semblables à ceux que l'on observe dans tous les alliages riches en cuivre préparés par fusion simple. Il n'a pas semblé utile de les reproduire, ils sont très communs.

EXPÉRIENCES SUR LA FUSIBILITÉ DES LAITIERS, d'après M. O. Hofman (1).

Les expériences de M. Hofman ont porté sur des laitiers ferrugineux plus ou moins semblables à ceux des fours à cuivre ou à plomb.

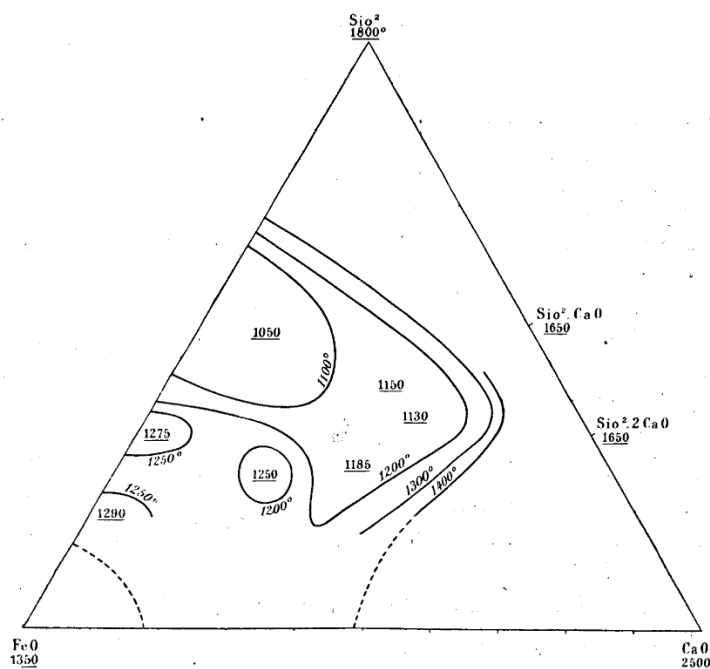


Fig. 1.

Les températures de fusion ont été observées par comparaison avec des montres fusibles de Seger.

(1) *Technology Quarterly*, mars 1900.

La série la plus complète d'expériences a porté sur des laitiers ne renfermant, outre la silice, que de la chaux et du fer. J'ai résumé les nombreux tableaux numériques de l'auteur dans le diagramme triangulaire ci-dessus (fig. 1), dont chaque point du triangle représente une certaine composition de silicate définie par la règle suivante. Les longueurs des trois perpendiculaires abaissées de ce point sur les trois côtés du triangle représentent le nombre d'équivalents p. 100 de chacun des corps, en convenant de prendre égale à 100 la hauteur du triangle. Chacun des sommets représente 100 p. 100 d'un seul des corps dont le nom est écrit à côté de ce sommet. Cette indication suffit pour déterminer à partir de quel côté du triangle sont comptées les proportions de chaque corps.

En chacun des points du triangle, on suppose élevée une perpendiculaire égale à la température de fusion du mélange correspondant. Les extrémités de ces perpendiculaires déterminent une surface représentative de la fusibilité des différents laitiers.

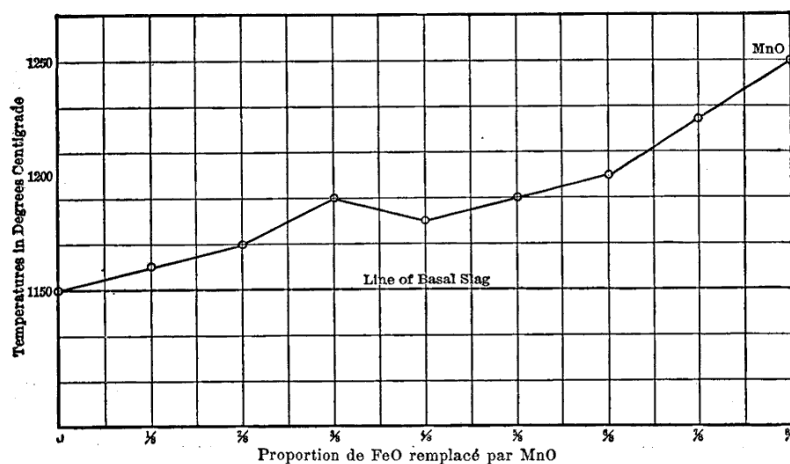


Fig. 2.

On a donné sur la figure les projections des courbes de niveau de cette surface correspondant aux températures de 1 100°, 1 200°, 1 300° et 1 400°.

On rappelle que les équivalents des trois corps considérés sont :

SiO ₂	60
FeO	72
CaO	56

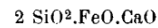
Pour passer de la composition en équivalents donnée par le diagramme à la composition centésimale en poids, on opère comme suit. Soient x, y, z , les trois ordonnées, mesurées avec une unité quelconque, le millimètre par exemple, on aura les proportions centésimales en poids par le calcul suivant :

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 X &= \frac{x \cdot 60}{x \cdot 60 + y \cdot 72 + z \cdot 56} \\ \text{FeO} Y &= \frac{y \cdot 72}{x \cdot 60 + y \cdot 72 + z \cdot 56} \\ \text{CaO} Z &= \frac{z \cdot 56}{x \cdot 60 + y \cdot 72 + z \cdot 56} \end{aligned}$$

L'auteur a ensuite étudié comment variait la fusibilité d'un laitier de composition.

SiO ₂	32,1	} En poids.
FeO	35,9	
CaO	32	

qui diffère peu de la formule.



quand on remplace les éléments constituant par d'autres.

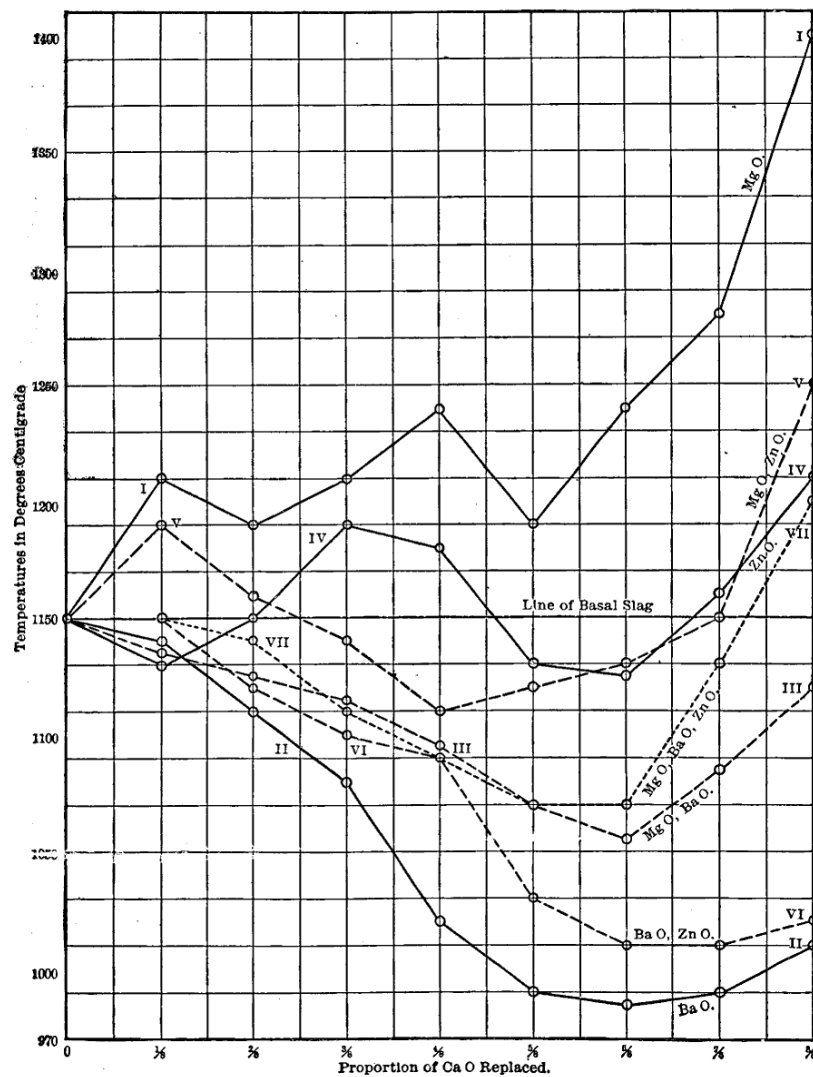


Fig. 3. — Diagramme montrant l'effet du remplacement de CaO par MgO, BaO et ZnO.

Dans une première série le fer, a été remplacé par des quantités chimiquement

équivalentes de manganèse. La figure 2 donne les résultats obtenus. La température de fusion s'élève de 1150 à 1250°, à peu près proportionnellement à la quantité de manganèse introduite.

Une seconde série a porté sur le remplacement de la chaux par d'autres oxydes en quantités équivalentes ou par des mélanges d'oxydes. La figure 3 donne les résultats

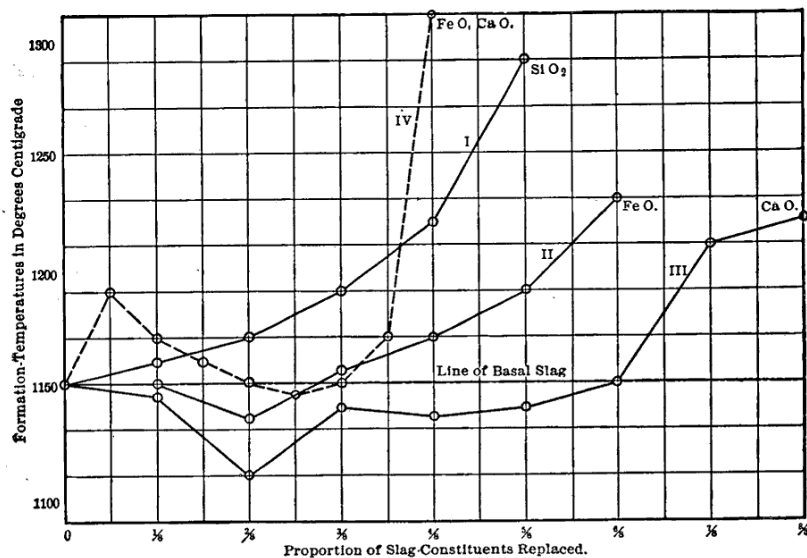


Fig. 4. — Diagramme montrant l'effet du remplacement des constituants du laitier (*Basal Slag*) par Al_2O_3 .

obtenus; on voit que la magnésie diminue considérablement la fusibilité; la baryte l'augmente beaucoup, l'oxyde de zinc n'a pas d'effet marqué.

Enfin, une dernière série d'expériences a eu pour objet d'étudier l'influence de la substitution à chacun des trois constituants du laitier de quantités équivalentes d'alumine, l'équivalence étant envisagée au point de vue de l'égalité de teneur en oxygène.

La figure 4 résume les résultats obtenus.

Les premières additions d'alumine substituées aux bases augmentent la fusibilité, qui atteint son maximum pour le remplacement du 1/4 de l'oxyde considéré. Par une substitution de moitié, la fusibilité revient à sa valeur primitive, puis croît au delà. La substitution de l'alumine à la silice commence de suite à diminuer la fusibilité.

H. LE CHATELIER.

NOTES DE MÉCANIQUE

LAMINOIRS *Aiken, Huber, Morrison et Sacks.*

Nous avons signalé à plusieurs reprises les procédés mécaniques employés, principalement aux États-Unis, pour accélérer le service des laminoirs; nous compléterons aujourd'hui ces notions par la description de trois types nouveaux, dus à des spécialistes éminents, et des plus remarquables par leur ingéniosité.

La marche générale du laminoir pour fers plats, d'*Aiken*, est facile à saisir d'après le schéma (fig. 1).

Le train se compose de deux trios 2 et 3 et d'un duo 4, à trois cannelures chacun.

Le lingot coupé par les cisailles 5 est amené par l'avanceur 6 à la première cannelure au bas du trio 2, puis, par l'avanceur, 7 à plan incliné 7', entre les cylindres supé-

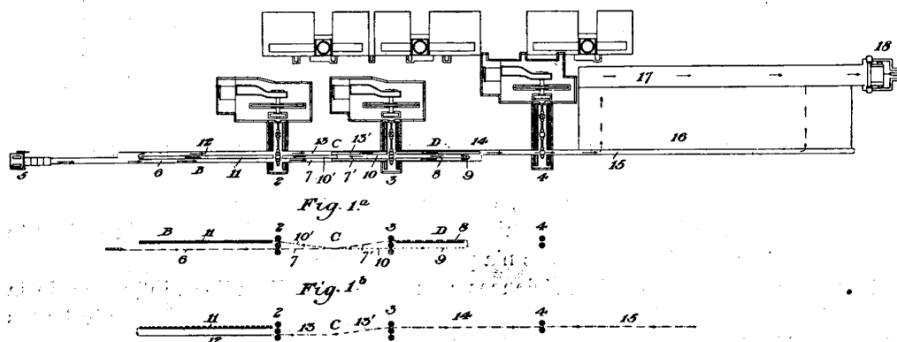


Fig. 1, 1a, 1b. — Laminoir *Aiken*. Ensemble et schéma des opérations.

rieurs du trio 3; de là, un translateur 8 le dépose sur l'avanceur 9, qui l'amène à la troisième passe, au bas du trio 3. Après cette troisième passe, l'avanceur 10-10' amène le lingot à la quatrième passe au haut de 2, d'où le translateur 11 le passe à l'avanceur 12, qui l'amène à la cinquième passe, au bas de 2, puis l'avanceur 13-13' l'envoie à la sixième passe, au-dessus de 3. Du trio 3, l'avanceur 14 amène le lingot au finisseur 4, d'où il passe par le translateur 16 à l'avanceur 17 et aux cisailles 18.

Les avanceurs ou tables B C et D de roulement de ce laminoir n'ont aucun mouvement vertical. La table C (fig. 2a) est divisée en trois parties, 7, 10 et 13, par des lames parallèles 19, et ses grands rouleaux 20, à portées 21', situés dans un même plan horizontal, sont commandés, de l'arbre 22, par des pignons 21, disposés de manière que les rouleaux des parties 7', 10' et 13 tournent en sens contraire de ceux des parties 7, 13 et 10. Dans les parties inclinées 7' et 10', les rouleaux 20 entraînent par frottement des galets 27, à pivots 26, guidés dans les coulisses 24 des joues 19,

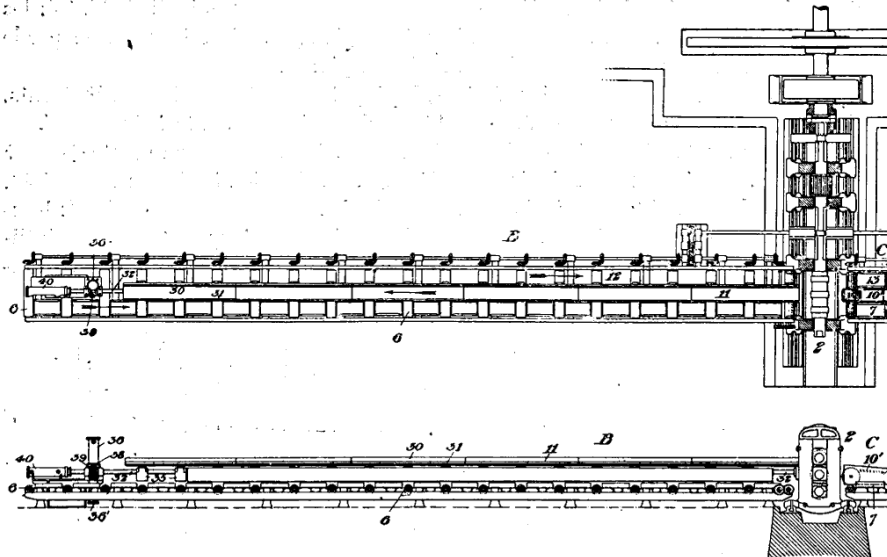


Fig. 2 et 3. — Laminier Aiken. Plan et élévation partiels.

Fig. 10.

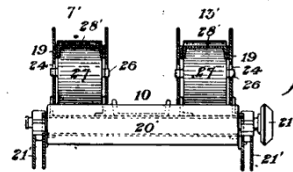


Fig. 11.

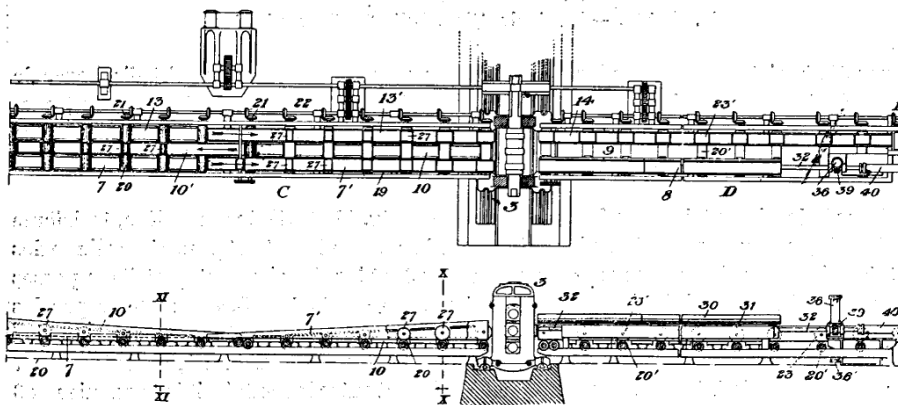
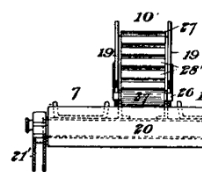


Fig. 2a et 3a, 10 et 11. — Laminier Aiken suite des figures 2 et 3. Coupes verticales XX et XI.XI. (fig. 3a).

et qui, par la progression de leurs diamètres, constituent les plans inclinés 7', 10'; les plus petits de ces galets sont, comme on le voit en plan (fig. 2_a) actionnés non par le frottement des rouleaux 20 correspondants, mais par pignons.

La table D comprend deux parties, 9 et 14, horizontales et à des niveaux différents, constituées par des rouleaux 20 en 9, et en 14 par des galets 23', entraînés par 20'.

Les translateurs 8 et 11 sont constitués chacun (fig. 5, 9 et 7) par une plate-forme à bords 30 et 31, portée par un châssis 35, calé sur un arbre 32, à pignon rainuré 39, commandé par la crémaillère 38, à pistons moteur hydraulique 36 et de rappel 36'; lorsqu'on admet l'eau sous pression en 36, le translateur bascule dans la position pointillée (fig. 7). Le ripage des translateurs s'opère (fig. 4 et 5) par des cylindres hydrau-

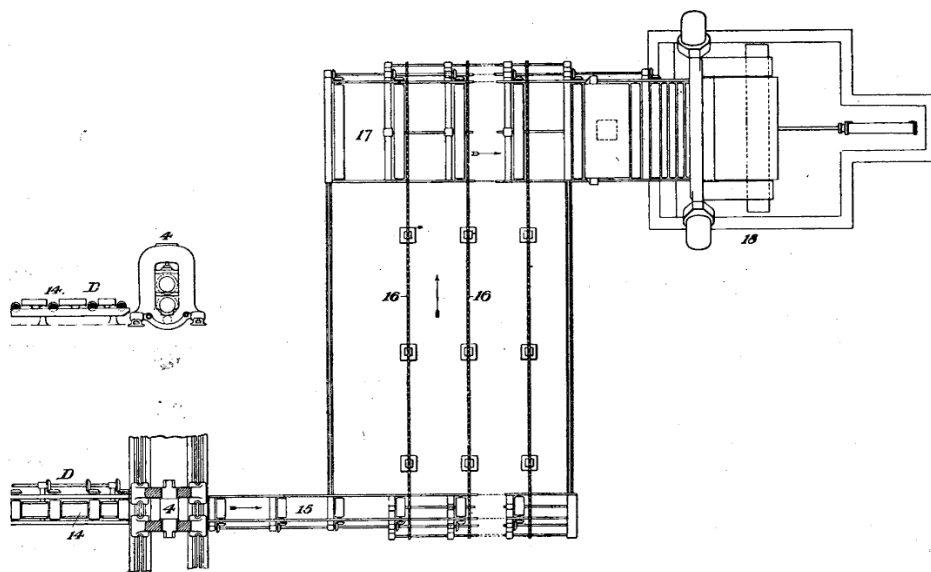


Fig. 2^b et 3^b. — Laminoir Aiken. Suite ^des figures 2^a et 3^a.

liques 40, à pistons fixés sur les arbres 32; ce mouvement a pour effet d'achever de retirer le lingot du laminoir, qui le livre au translateur, après quoi la bascule du translateur le dépose sur la table suivante, en le retournant de manière à débarrasser sa surface de ses battitures.

Dans le laminoir trio pour fers plats de *Huber* (fig. 12 et 24), les première, troisième et cinquième passes se font sur le cylindre du bas, où le lingot est poussé par l'une des extrémités et le milieu des rouleaux avanceurs 3, et les deuxième et quatrième passes sous celui du haut, où le lingot est poussé par les galets 4 et 5, commandés par les autres extrémités de 3. Ainsi qu'on le voit en fig. 15, 16, 17, 18, 19 et 22, les rouleaux 3 sont en partie enveloppés d'auges 6, formant entretoises du bâti 1, avec éperons 7 (fig. 16) accrochés à 6 en 6_a, pour supporter le lingot entre les extrémités des rouleaux 3 pendant les passes 1 et 5 (fig. 16 et 19); des éperons 10 (fig. 22) le soutiennent au milieu des rouleaux 3 pendant la troisième passe. Des guides 8 (fig. 22), fixés à 7, empê-

chent le lingot de se déplacer latéralement et peuvent s'ajuster à la largeur du lami-

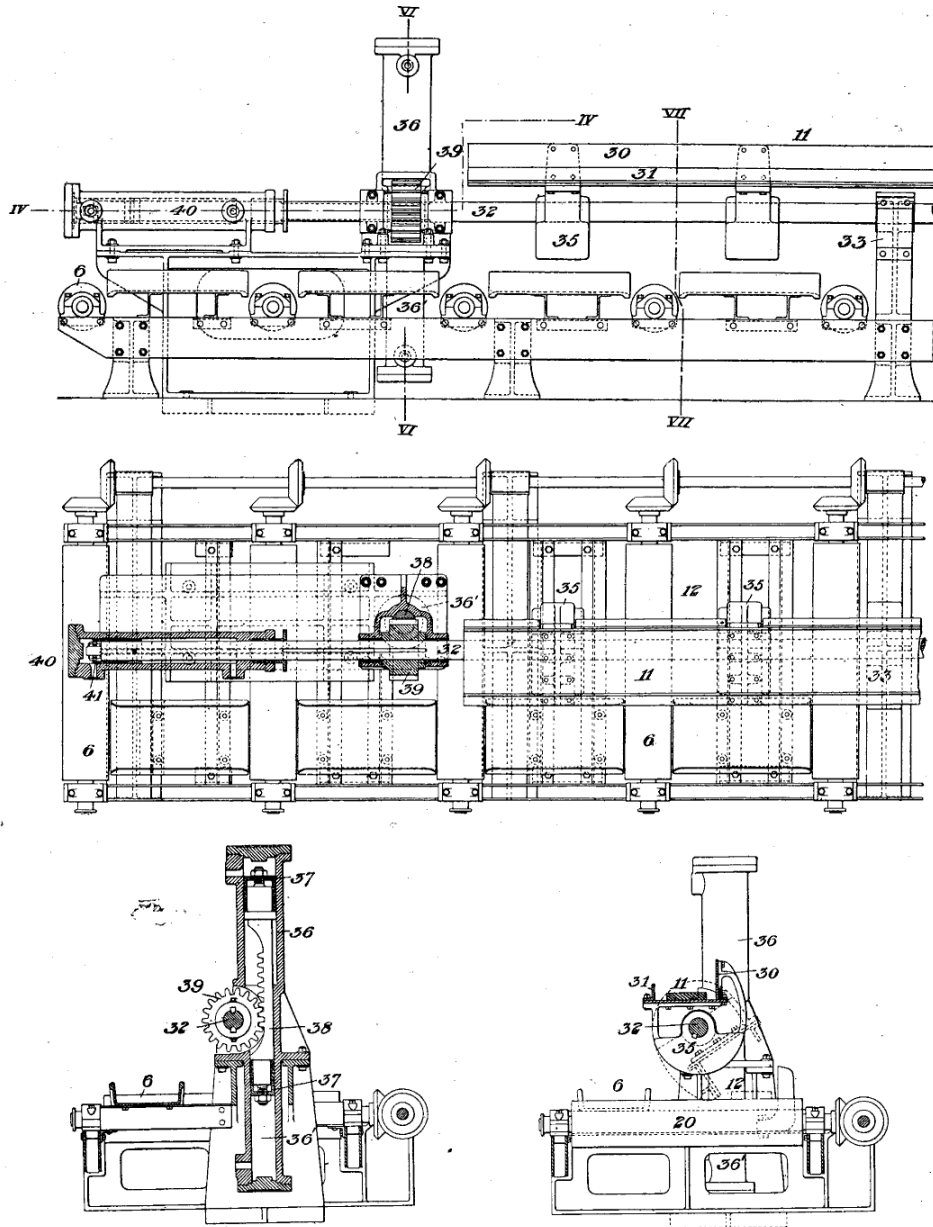


Fig. 4 à 7. Laminoir Aiken. Détail du translateur. Élévation, plan (IV-IV), coupes (VI-VI) et (VII-VII).

nage. Les tourillons des galets 4 et 5 sont (fig. 22 et 23) engagés dans les coulisses

verticales des jones 11 et 12, fixés à 6 dans l'alignement des cannelures des passes 4 et 5, avec guides latéraux 13 et 14, et éperons supports 15 entre les galets 4 et 5.

On remarquera (fig. 13, 17, 18 et 19) que les rouleaux des tables (fig. 24) sont plus rapprochés pour les passes où ils poussent le lingot dans le laminoir (*Feed Pass*) que pour celles où ils ne font que l'en recevoir (*Receiving Pass*).

Pour transférer le lingot de la seconde à la troisième passe et de la troisième à la

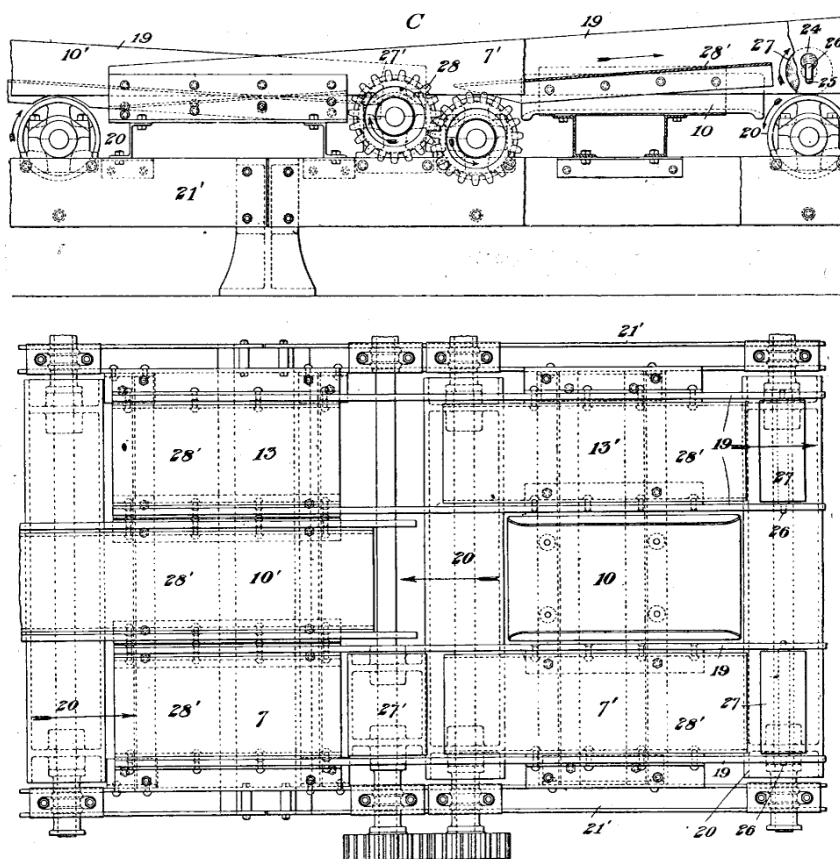


Fig. 8 et 9. — Laminoir Aiken. Détail d'une table. Élévation et plan.

cinquième sur les tables de droite (fig. 24), ainsi que de la première passe à la seconde et de la deuxième à la quatrième sur les tables de gauche, on a recours aux trans-lateurs représentés par les figures 15, 20, 21 et 22, constitués par des plateaux 16 (fig. 22) à chapiteaux 17, écartés de la largeur du laminage, portés par des colonnes 18, guidées en 19, avec crémaillères 31, en prise avec des pignons 30, calés sur des axes 19, à pignons 32 que commande la crémaillère 33 du piston 34. Les châssis 19, peuvent (fig. 22) rouler par 20-21, sur des rails 22, et sont commandés au moyen des renvois 24-23 (fig. 21) de l'arbre 25 (fig. 14) qui s'étend sur toute la longueur du train,

et qui est commandé en 28, 29 (fig. 12 et 20) par des cylindres hydrauliques 26. Les cylindres de levée 35 sont fixés aux châssis 19 par des tirants 37 (fig. 21) et se dépla-

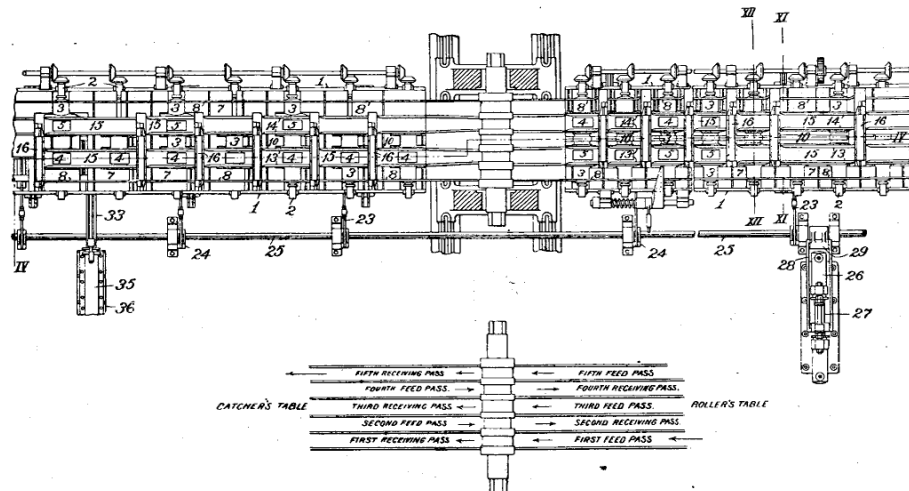


Fig. 12 et 24. — Laminioir Huber. Plan et schéma des passes.

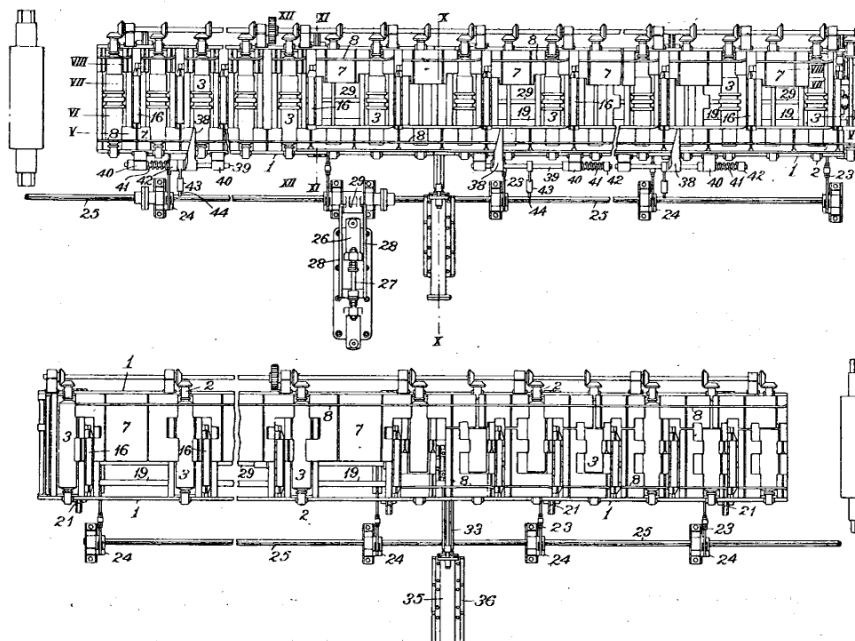


Fig. 13 et 14. — Laminioir Huber. Plan des tables de droite (Roller's Table) et de gauche (Catcher's Table) (fig. 24).

cent avec eux sur leurs glissières 36. Les plateaux 16 sont, sur les tables de droite,

(fig. 24) en ligne avec les galets 4 et 5 des deuxième et quatrième passes, et avec ceux des première et troisième passes des tables de gauche. Le lingot peut ainsi suivre la

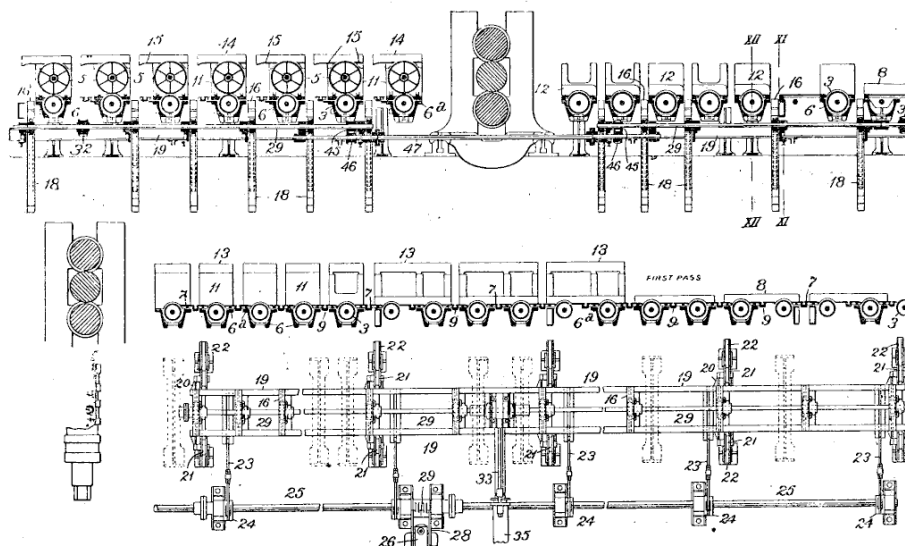


Fig. 13, 16 et 20. — Laminoir Huber. Coupes (IV-IV) (fig. 12) et (V-V) (fig. 13) et plan du translateur.

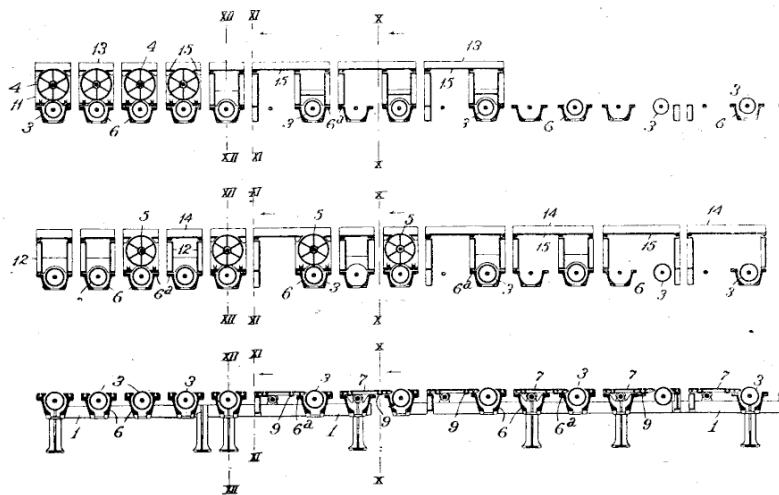


Fig. 17, 18 et 19. — Laminoir Huber. (Coupes (VI-VI), (VII-VII), (VIII-VIII) (fig. 13).

succession des passes indiquées sur la figure 24, avec levée et translation aux périodes précédemment indiquées, le train ayant, une fois en marche, engagé sur ses tables six lingots à la fois, dont le premier sort fini par la cinquième passe réceptrice pendant que le dernier entre dans la première passe de droite. Des taquets réglables 38

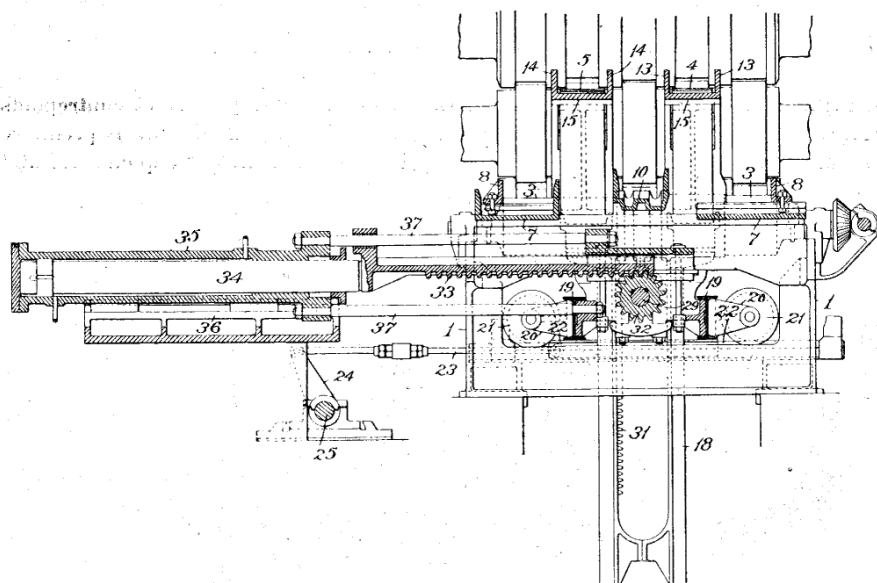


Fig. 21. — Laminoir Huber. Coupe (X-X) (fig. 13 et 17).

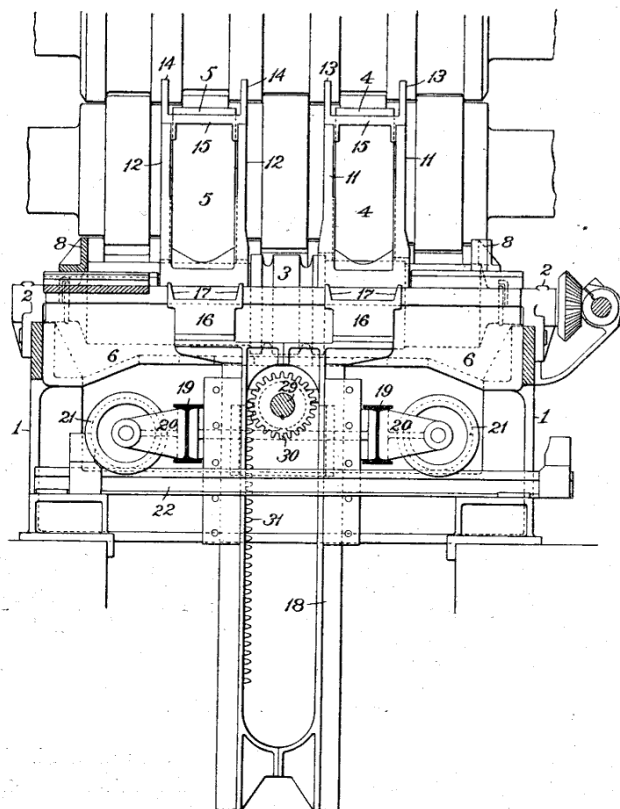


Fig. 22. — Laminoir Huber. Coupe (XI-XI) (fig. 13 et 15).

(fig. 13) montés sur des arbres 39, à paliers 40, butées élastiques 41 et contrepoids 43-44. Ces taquets permettent de disposer sur les galets de la table de la première passe une série de lingots d'une longueur égale à l'écartement des taquets. Aussitôt

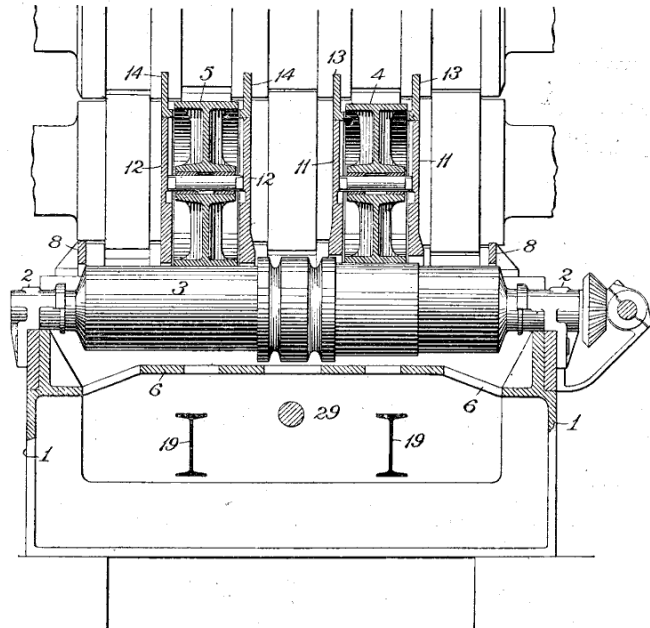


Fig. 23. — Laminioir Huber. Coupe (XII-XII) (fig. 13 et 15).

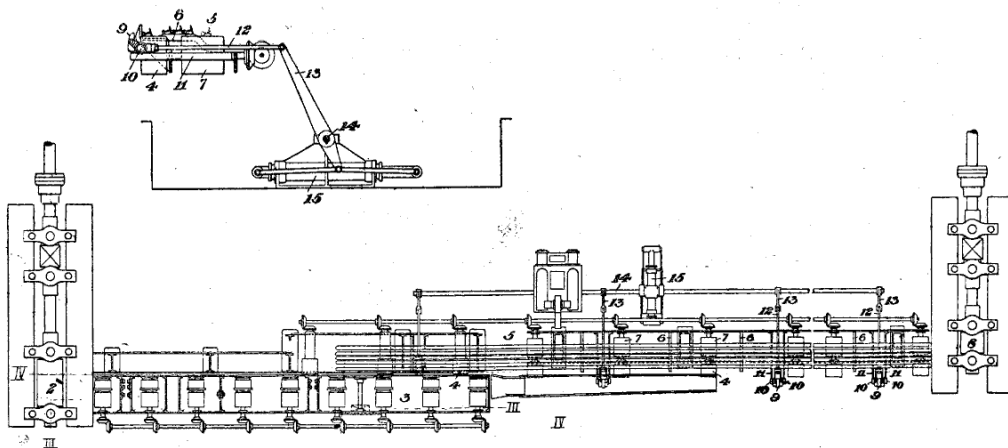


Fig. 25 et 26. — Laminioir Morisson.

après le passage d'un de ces lingots dans la première passe du laminioir, on abaisse le taquet le plus proche du laminioir et on relève tous les autres taquets de manière à permettre l'avancement d'un cran de la série des lingots. Enfin, pour assurer la

concordance des levées des plateaux 16 à droite et à gauche du laminoir, leurs arbres 29 sont conjugués (fig. 15) par le train 45, 46, 47.

Le dispositif de *M. Morrison* a pour objet de refroidir les lingots au degré voulu, avant leur passe finisseuse, sans interrompre la marche continue du laminoir. Le lingot passe du dégrossisseur 2 (fig. 25) par la table basculante 3, à la table 5, avec galets 4 et barres 6, inclinées au-dessus des galets 7, qui alimentent le finisseur 8. Au sortir de la dernière passe du dégrossisseur, les galets 4 amènent le lingot au droit des poussoirs 9, montés (fig. 26) sur galets 10, des translateurs 12, 13, 14, commandés par

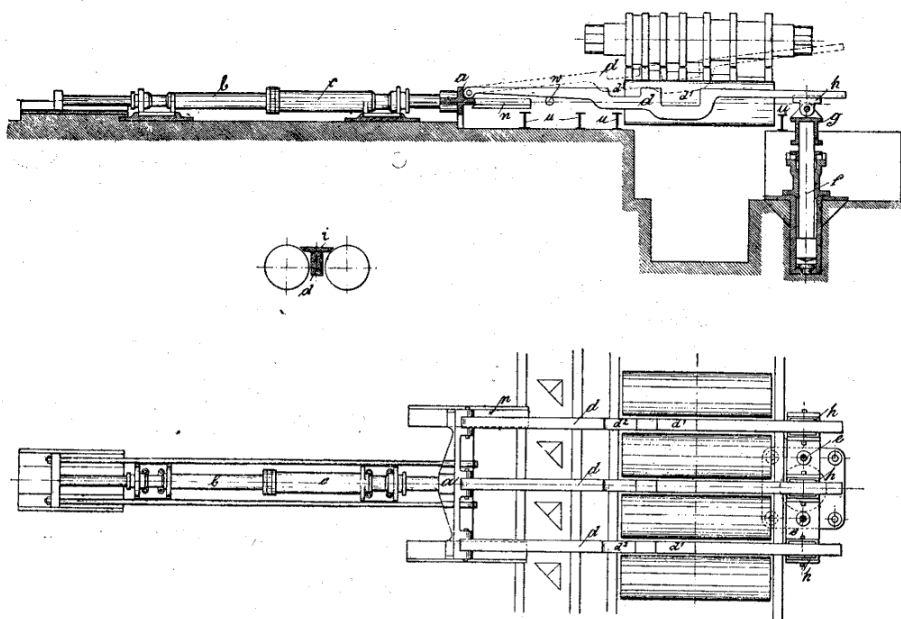


Fig. 27 à 30. — Laminoir Sacks.

les cylindres hydrauliques 15, et qui passent ainsi, des galets 4 sur les bancs 6, successivement jusqu'à cinq lingots — des rails dégrossis, par exemple, et d'une longueur suffisante pour y couper finalement trois rails, — puis l'arrivée du sixième lingot fait tomber le premier sur les rouleaux 7, qui le passent au finisseur, avec une température suffisamment abaissée par son séjour sur les barres 6. Le finisseur ne doit plus réduire la section du rail que de 6 à 8 p. 100, portant principalement sur la tête du rail.

Le translateur de *Sacks* pour dégrossisseur se compose (fig. 27) de trois leviers *d*, pivotés en *a* au croisillon d'un cylindre hydraulique *o*, et passés entre les rouleaux de la table avanceuse, avec gardes *i* empêchant les morceaux de lingot de tomber. Pour passer le lingot de la première cannelure du laminoir à la seconde, on arrête les rouleaux de la table, on amène l'avant des encoches *d*, au droit de la face gauche du lingot et on soulève par *g* les leviers *d* de manière que le lingot tombe en *d*₁, en basculant de

90°, puis on l'amène en face de la seconde cannelure et on rabaisse d de manière à reposer le lingot sur les rouleaux de la table. Le passage de la deuxième à la troisième cannelure se fait de même par les encoches d_3 .

PERCEUSE ET FRAPPEUR A AIR COMPRIMÉ *Kimman*.

Les machines-outils portatives : frappeurs, perceuses, riveuses à air comprimé, importées des États-Unis, se répandent de plus en plus : parmi les perceuses, l'une

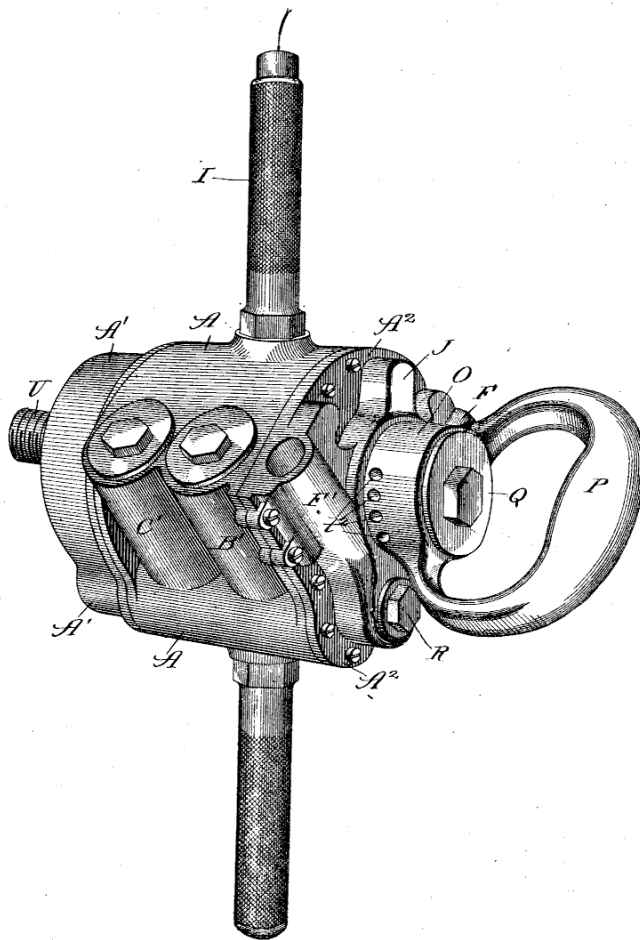


Fig. 1. — Perceuse *Kimman*.

des plus ingénieuses est celle de *Kimman* (*Little Giant*), dont le moteur est des plus intéressants; nous en donnons ici une description détaillée qui complétera les renseignements que nous avons déjà publiés sur ces machines (1).

(1) *Bulletin* de juin 1900, p. 476 et 484.

Le moteur, enfermé dans une enveloppe triangulaire $AA'A_2A^3$ (fig. 1), est à quatre cylindres symétriquement disposés : B' et C' à gauche, B et C à droite (fig. 10 et 11), à 90° de B' et C' , à pistons D , conjugués B' avec B et C avec C' par leurs bielles D' sur les manivelles à 180° $E'E^2$ de l'arbre E ; la distribution admet ou échappe l'air comprimé des cylindres diagonalement opposés de manière à éviter les points morts.

Les distributeurs logés dans les chambres F et F' (fig. 5 et 6) sont des tiroirs pistons G , commandés en G' par l'excentrique HH' de l'arbre moteur. L'air comprimé arrive par Ia' dans la chambre KK' (fig. 2, 4 et 5); il est admis et échappé respecti-

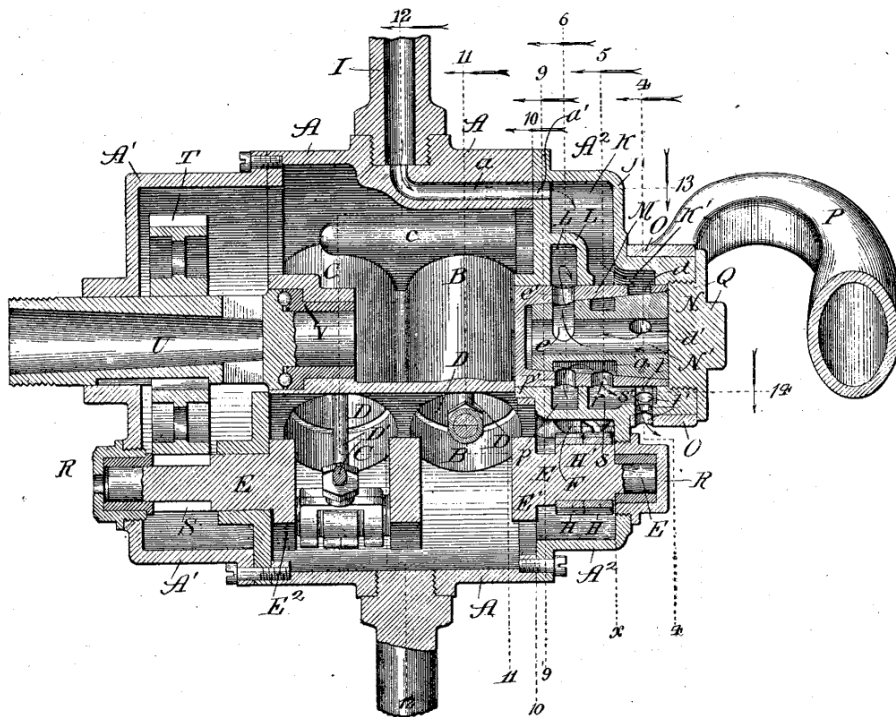


Fig. 2. — Perceuse kimman. Coupe 2 (fig. 3 et 4).

vement des cylindres B et B' , C et C' par les conduites b et b' , c et c' (fig. 12 et 13). De la chambre K , l'air comprimé passe constamment par dd' (fig. 2 et 4) dans le boisseau N' de N , quelle que soit la position du robinet de changement de marche N , puis par ee' , dans la chambre L , qui communique (fig. 6), par f et f' , avec les extrémités F et F' des chambres G . La chambre F peut communiquer, suivant la position de son distributeur, avec un conduit h , et F' avec le conduit i' , qui servent alternativement à l'admission et à l'échappement. Dans la position fig. 5 et 6, l'air s'échappe de B par $b'h'h'g'l_2n$ et entre en B' par $fg^2i'i'b'$, suivant les flèches; puis, aux fins de courses correspondantes des pistons de B et de B' , l'air est admis de L en B par $fg_2h'hb'$ et s'échappe de B' par $b'i'i'g'm_2o$. L'admission et l'échappement des cylindres C et C' se font respectivement par $j'jc'$ et $k'kc'$ (fig. 6). Dans la position figurée, l'admission se

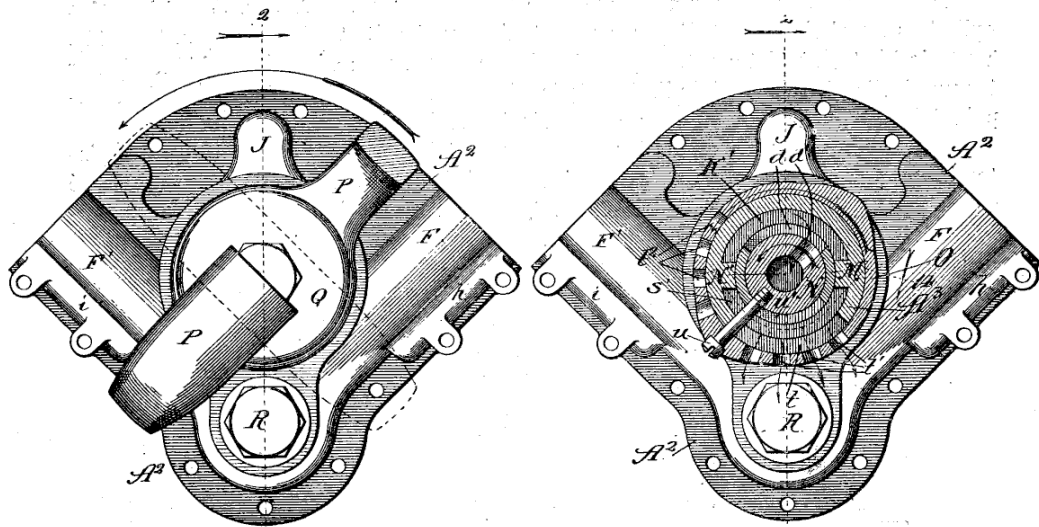
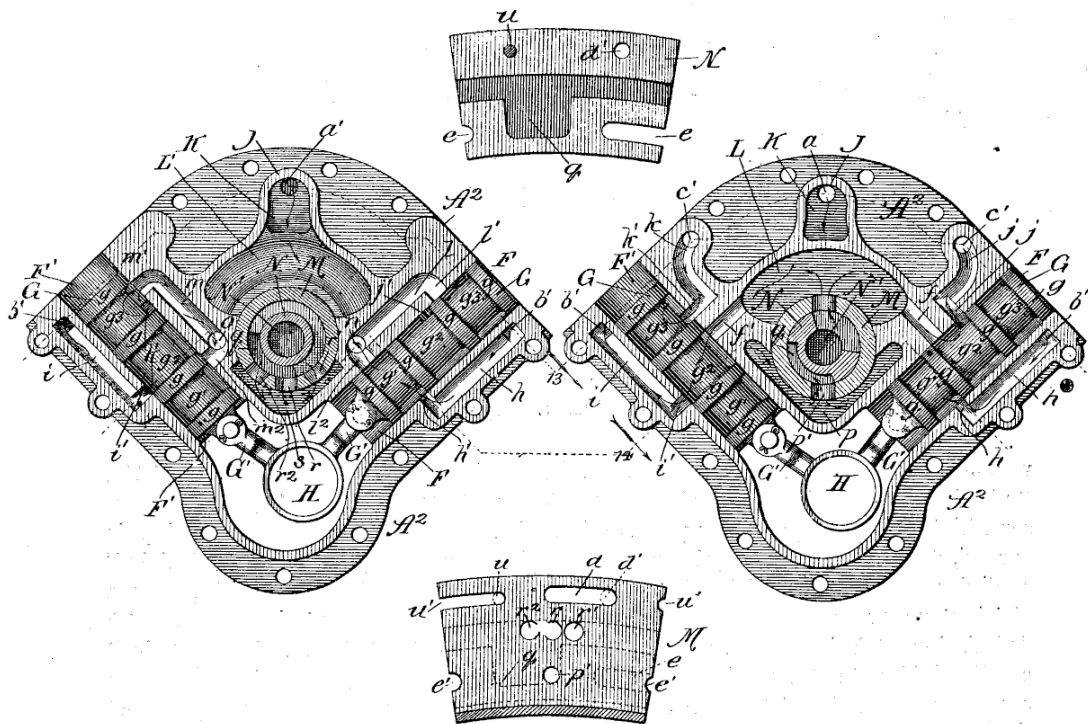


Fig. 2 et 4. — Perceuse Kimman. Vue par bout de droite (fig. 2) et coupe 4 (fig. 2).

Fig. 5 à 8. — Perceuse Kimman. Coupes 5^e et 6^e (fig. 2). Détails du robinet N-M.

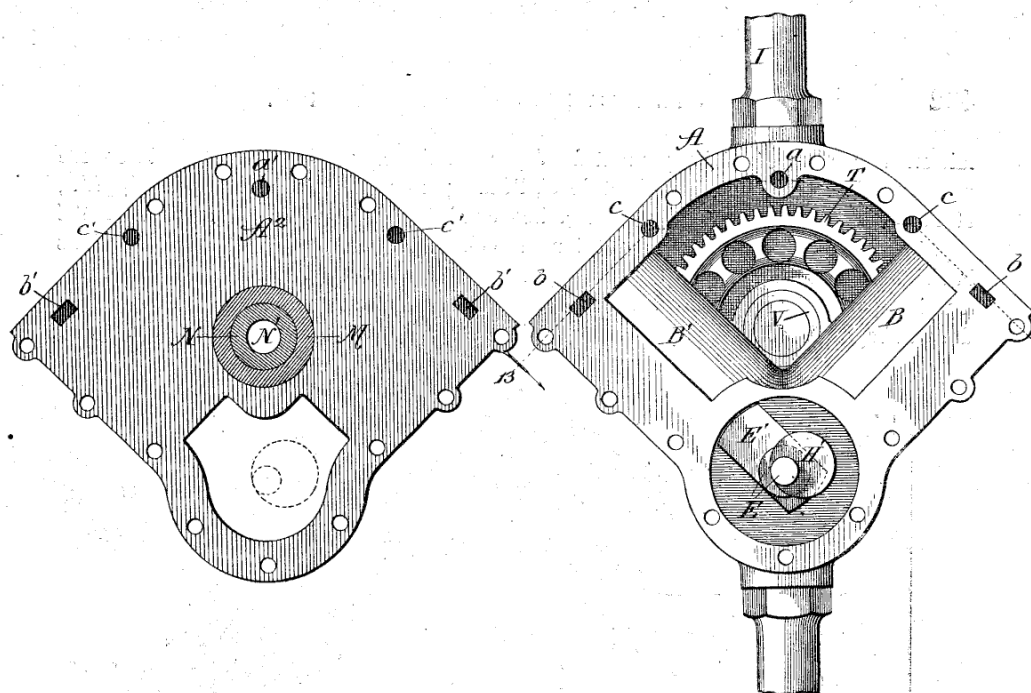


Fig. 9 et 10. — Perceuse Kimman. Coupes 9 et 10 (fig. 2).

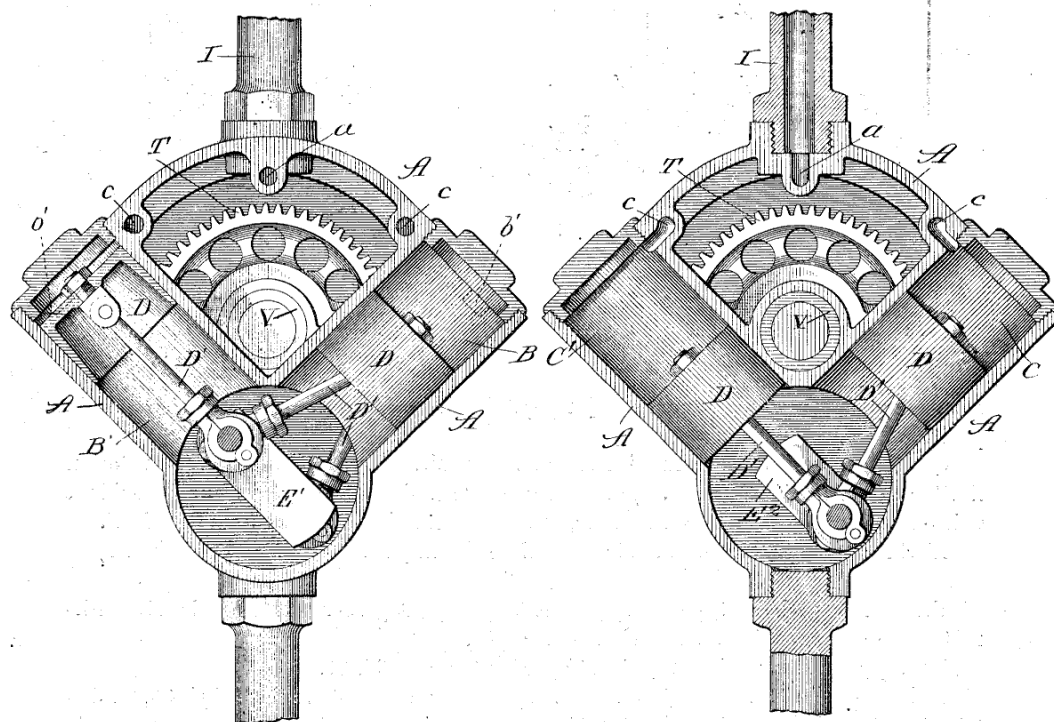


Fig. 11 et 12. — Perceuse Kimman. Coupes 11 et 12 (fig. 2).

fait en C par $f g_2 j'$ et l'échappement de C' par $cc' kk' g_3 m o$; puis, aux fonds de course correspondants des pistons de C et de C', l'échappement se fait de C par $cc' jj' g_3 ll' n$, et l'admission en C' par $L f' g_2 kk' c' c$. Les conduites d'échappement : n pour h et l (fig. 5) et o pour i et m , débouchent dans une chambre p (fig. 2 et 6) et, par $p' q r$, dans la chambre s , qui communique avec q par les orifices r' et r'' . Cette chambre s communique, par l'étranglement s' et par t , avec une série de trous t ou t_2 (fig. 14) percés dans la bague O, suivant la position donnée à cette bague par la poignée p (fig. 4), de

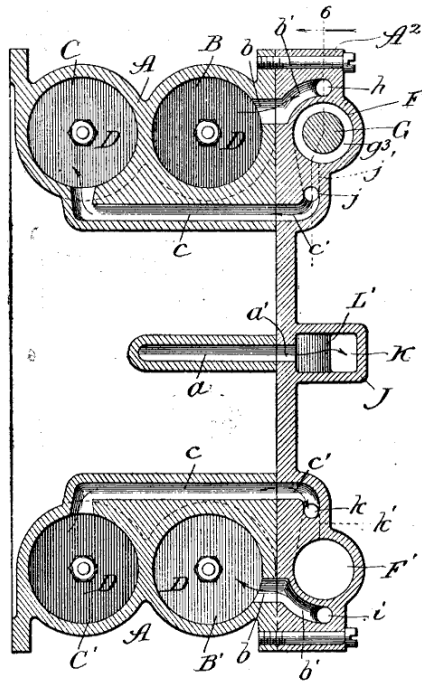


Fig. 13. — Perceuse Kimman. Coupe schématique 13 (fig. 2, 5, 6 et 9).

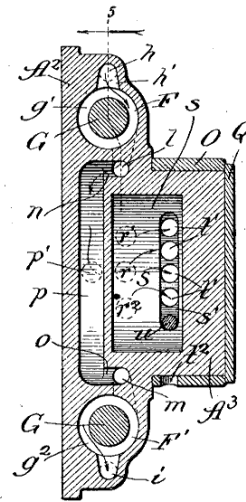


Fig. 14. — Perceuse Kimman. Coupe schématique 14 (fig. 2, 5 et 6).

sorte que l'échappement suit le trajet $p q r r' r'' s' t' t_2$, plus ou moins étranglé par la position de p .

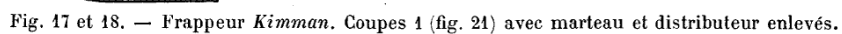
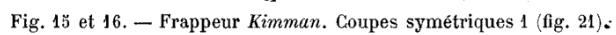
Quand on tourne cette manivelle dans la position pointillée (fig. 3) — rotation limitée par la butée de u (fig. 4) dans la coulisse u' de M — et, avec elle, le robinet ON, on renverse la marche du moteur, et l'échappement se fait par t_2 au lieu de t' .

L'arbre E du moteur commande celui U de l'outil par les pignons S et T (fig. 2)

Une perceuse de ce type (n° 5) pesant 5 kilos peut percer des trous de 140 millimètres de diamètre dans des madriers en sapin.

Le frappeur Kimman est représenté par les figures 15 à 31.

L'air comprimé arrive de f (fig. 13 et 19) par la soupape de réglage $H f'$ et c , au distributeur E, qui, dans la position fig. 19, passe par e' derrière le piston B, puis, vers la fin de la course avant de B, et par $a' a'$ (fig. 16) dans l'espace annulaire $b' b$ (fig. 15)



d'où il va par $a_2 e_2$ (fig. 19) en e_{10} , abaissant E dans la position fig. 15 et 19. En cette position, l'air comprimé passe par $ee^3 a^3$ (fig. 17) en avant du piston B, qu'il renvoie, l'air derrière le piston s'échappant par $a_4 e_4 e_5 e_6$ et celui en e_{10} par $a_2 a_5 b' a_6 a_3 e_3$, le distri-

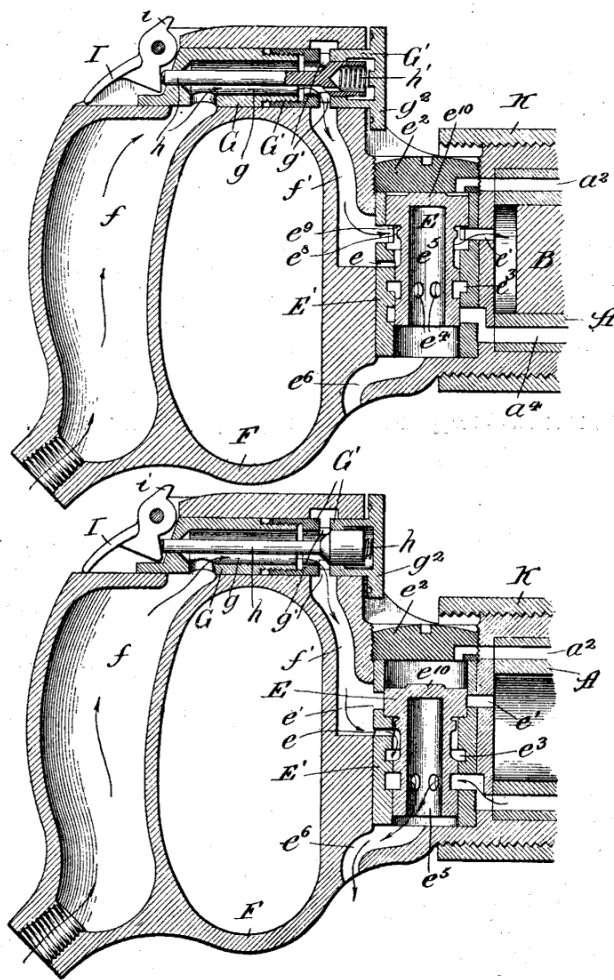


Fig. 19 et 20. — Frappeur Kimman. Détail du distributeur.

buteur E remontant automatiquement en la position fig. 19 par la surpression en e_8 , et laissant l'air s'échapper de e_3 par e_4 . Vers la fin de son retour, le piston B ferme la lumière a_4 (fig. 15) de manière à réserver derrière lui un coussin d'air amortissant le recul et accélérant le départ de B; en même temps, B ferme a_5 et a_6 et ouvre a_2 , ce qui permet à l'air qui reste encore au-dessus de e_{10} de s'échapper directement par $a_2 a_7$.

Pendant la course avant du piston B, l'air qui est devant lui s'échappe d'abord par a_7 , puis, quand B ferme a_7 par a_3 (fig. 18) $e_3 e_4$ (fig. 19).

Les mouvements du distributeur sont atténués, quand il monte, par la résistance

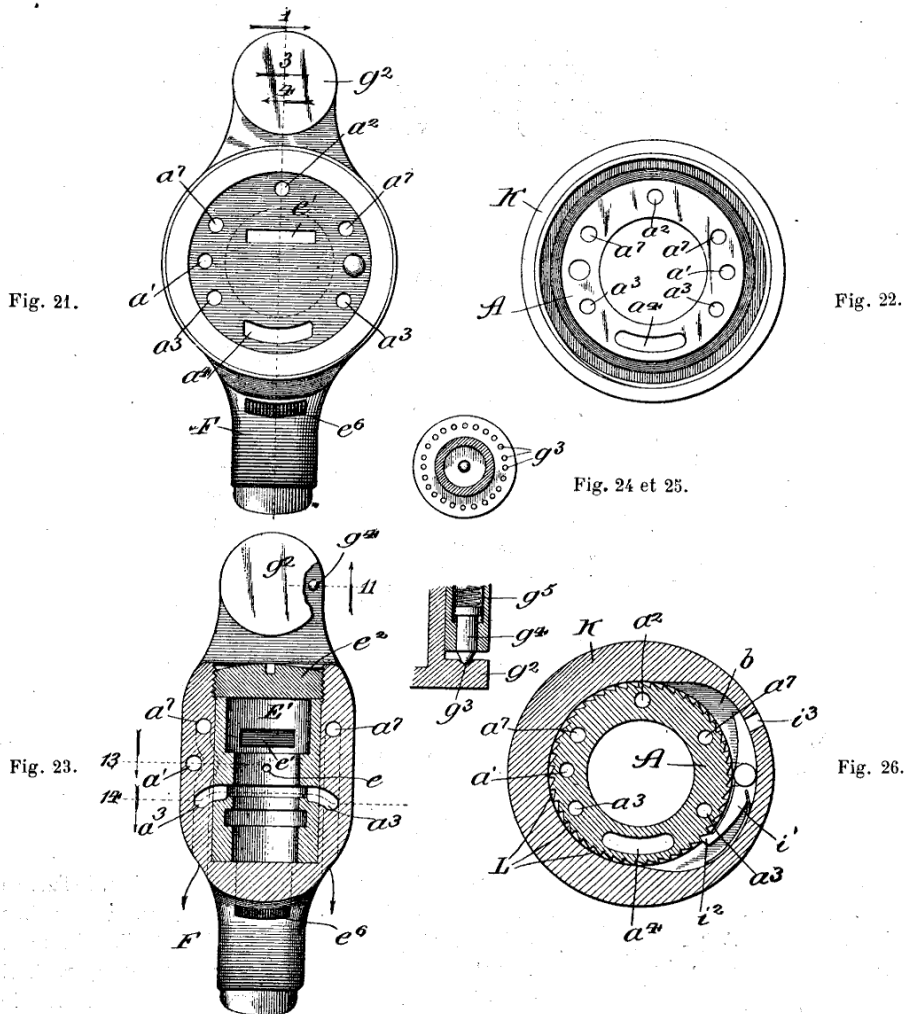


Fig. 21 à 26. — Frappeur Kimman. Détail de la culasse. Coupes 9 et 10 (fig. 15), 11 (fig. 23) et 12 (fig. 15).

de l'échappement a_2 et, quand il descend, par (fig. 19 et 20) la résistance de l'air étranglé par le passage du collet e_3 dans la bague e_3 .

L'admission g' (fig. 19) se règle par le vissage du siège G' de H sur G au moyen de la tête g^2 , a' cliquet, de retenue $g_3 g_4 g_5$ (fig. 24). La poignée F est (fig. 15) rendue

solidaire du cylindre A par le serrage de la virole K' sur R A', avec (fig. 26) rochet L et cliquet de retenue $i' i^2$, déclenchable par i_3 .

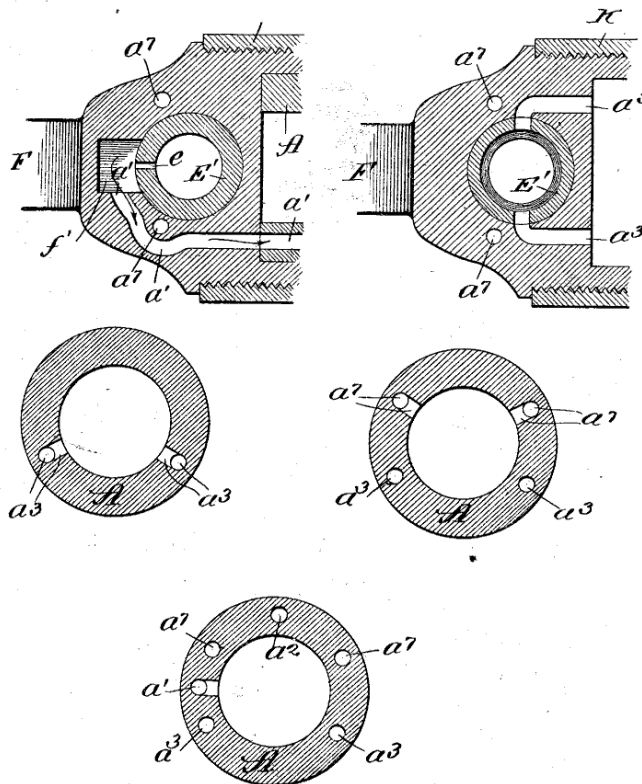
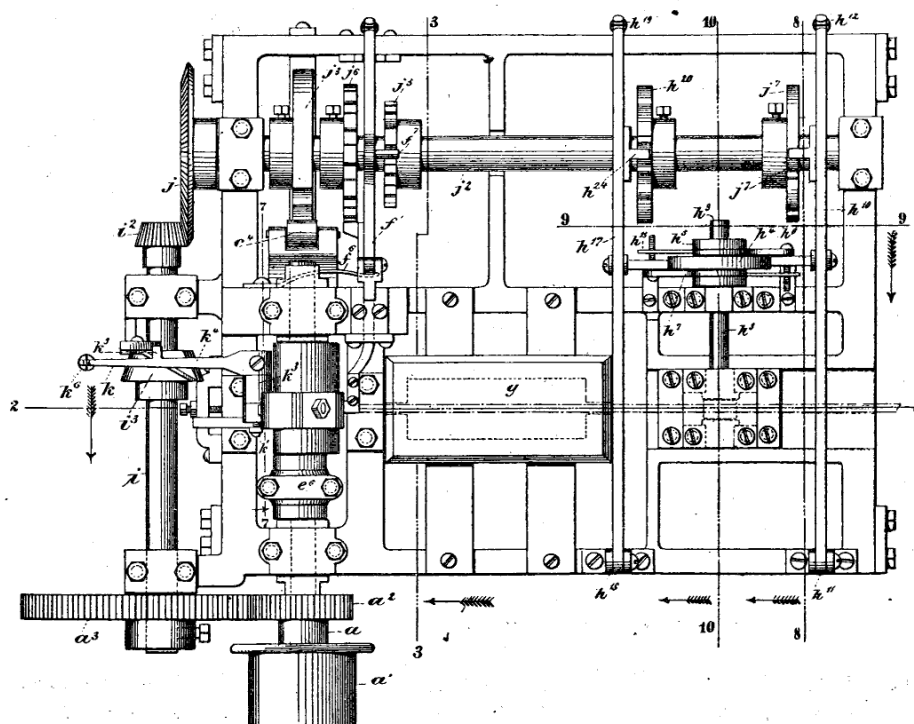
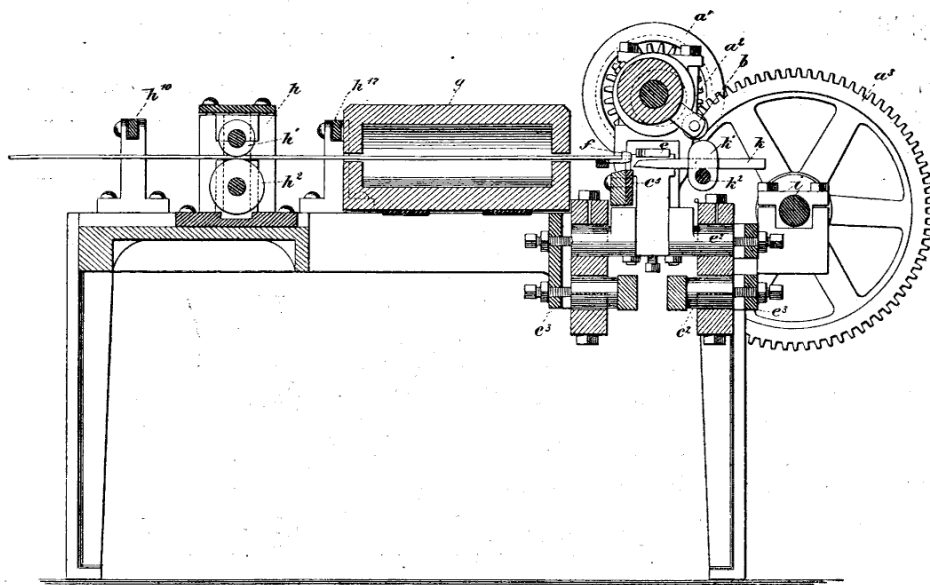


Fig. 27 à 31. — Frappeur Kimman. Coupes 13, 14, 15, 16 et 17 (fig. 15).

MACHINE Woodford A FORGER LES CLOUS DE FER A CHEVAL

Les différentes cames et transmissions de cette machine sont commandées, de l'arbre a (fig. 1) par le renvoi $a_2 a_3 i^1 i^2 j j_2$. L'arbre j_2 porte (fig. 7) une came j_3 , avec encoches $j_4 j_{10}$ commandant, par le galet c_4 , le levier c' , pivoté en c_2 , et qui porte l'enclume d . Cette enclume reste immobile pendant le forgeage du clou, le galet c_4 restant appuyé sur la partie circulaire de la came j_3 . Devant cette enclume, se trouve le marteau cc' , pivoté sur c^2 . Les pièces c' et e' sont ajustables au moyen de vis telles que e_4 (fig. 4 et 5) faisant écrou dans des étriers c_3 , et appuyant sur les axes c_2 et e_2 , avec fixation par contre-écrou e_5 . Le marteau c est commandé, de l'arbre a , par (fig. 3) la bielle d'excentrique e_6 , et frappe une fois par tour de a , alternativement avec le galet b (fig. 2 et 3) commandé par un autre excentrique de a . Le levier c' porte, en outre, une arête tranchante c^5 , sous un couteau k (fig. 2 et 7) pivoté en $k_2 k_3$ sur c' , et commandé (fig. 2) de la came i_3 , par le levier $k_4 k_5$, à ressort de rappel k_6 ; la came i_3 est conique de manière que, pendant le rappel de c' par son ressort c^5 , sur les



encoches j_1, j_{10} de j_3 , le levier k_1 repose sans bouger sur la partie lisse de la came i_3 . Après le forgeage, et pendant que c^5 reste immobile, k descend et coupe le clou de sa tige.

Cette tige, guidée en h_{10} (fig. 2) est avancée au travers du moufle g , sur le guide f

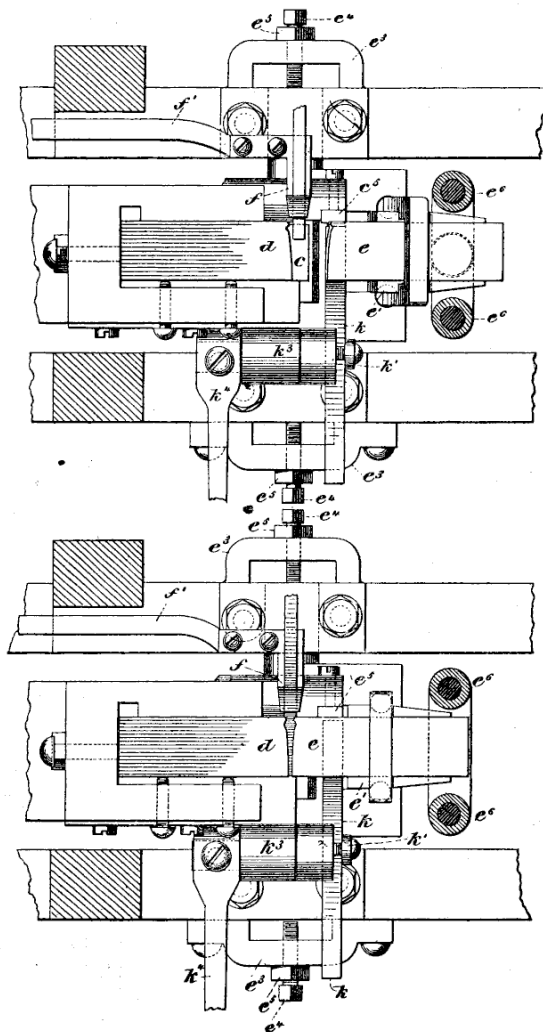


Fig. 4 et 5. — Cloutière Woodford. Détail du forgeage. Plans.

(fig. 3 et 6) au bout du levier f' , suspendu en f_2 à la bielle $f_3 f_4$, avec ressort de rappel f_5 et rétracteur f_6 (fig. 2). Ce levier est commandé, de l'arbre j_2 par (fig. 2 et 3) deux cames j^5 et j^6 . La came j_3 , ondulée, avec dent, f_8 , abaisse et relève alternativement f par f_7 , et sa dent f_8 l'abaisse en grand au moment de la coupe du clou par k et l'appuie

sur c_5 . La came j_6 avance et recule alternativement f par $f_9 f_{10}$ et le rappel du ressort f_6 , et ces mouvements se combinent avec ceux donnés par la came j_5 , et grâce à la suspension f_3 , en un mouvement de f en diagonale.

La tige dont on tire les clous est avancée par les galets $h_1 h_2$ (fig. 1 et 8) dont

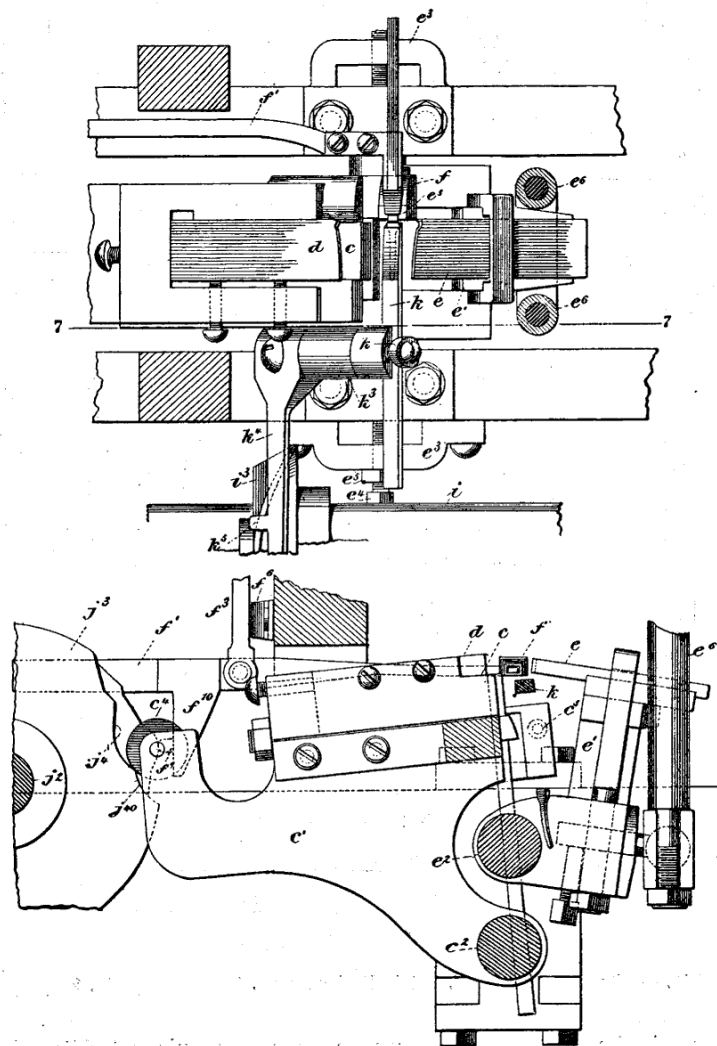


Fig. 6 et 7. — Cloutière Woodford. Détail du forgeage, plan et coupe (7-7) (fig. 2).

l'arbre h_3 porte un plateau h_5 , avec bras $h_6 h_7$ et encliquetage $h_8 h_9$, suspendu par h_8 au levier $h_{10} h_{11}$, appuyé par le ressort h_{12} sur la came j_7 de j_2 qui, par ses dents, $j_8 j_9$, donne ainsi au galet h_2 deux mouvements d'avancement par tour de j_2 . D'autre part, le bras h_6 porte un second cliquet h_{11} , à ressort d'appui h_{13} , suspendu par h_{14} au

levier h_{17} h_{18} , à rappel h_{19} , et par lequel la came h_{20} de j_2 , juste au moment de la coupe du clou, et par h_{21} h_{24} , tire la tige en arrière de manière à la tendre et à la redresser; puis h_{22} détermine un second petit recul de la tige entre les deux avancements pro-

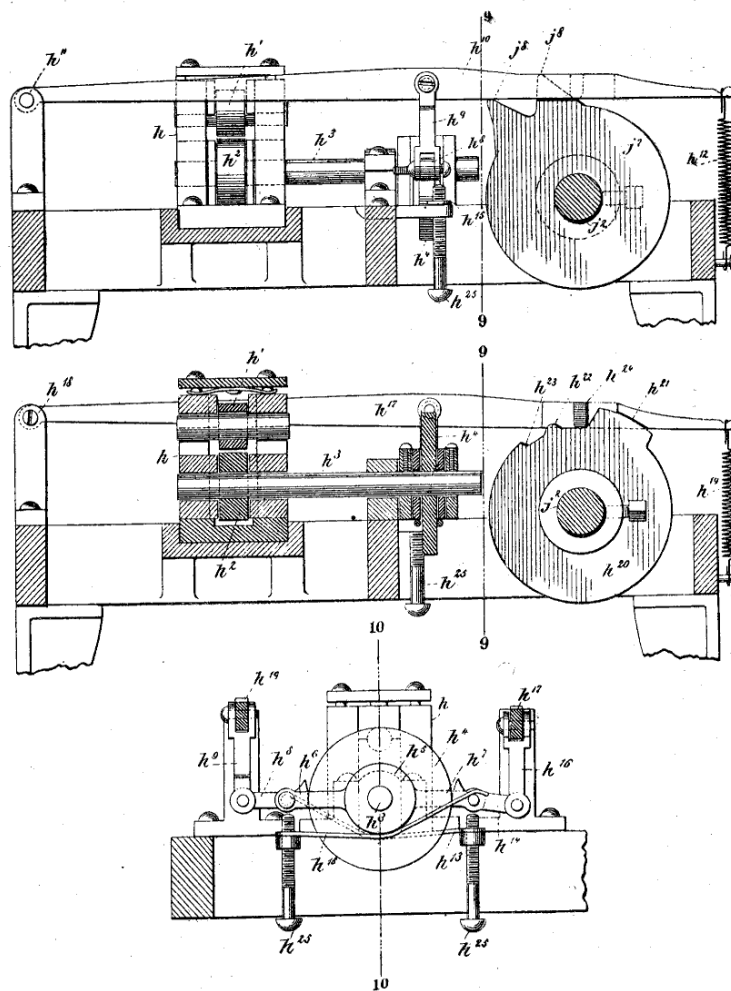


Fig. 8, 9 et 10. — Cloutière Woodford. Détail de l'avanceur. Coupes (8-8) (fig. 2), (9-9) et (10-10).

voqués par j_8 j_9 . Le réglage de ces avancements et reculs est déterminé par les vis h_{25} .

Le galet b donne, sur le bout de la tige maintenu sur l'enclume immobile d , une dizaine de passes, alternant avec les coups du marteau latéral e , l'avanceur f lui communiquant, des cames j_5 et j_6 , un mouvement en diagonale qui le soulève et l'appuie latéralement sur d pour recevoir les coups de e ; puis la tige est, comme nous venons de le voir, tendue et redressée par le recul de h_3 , et les dents j_4 j_{10} de j_3

retirent, comme en fig. 7, l'enclume d , remplacée par le tranchant c_3 . Le couteau k

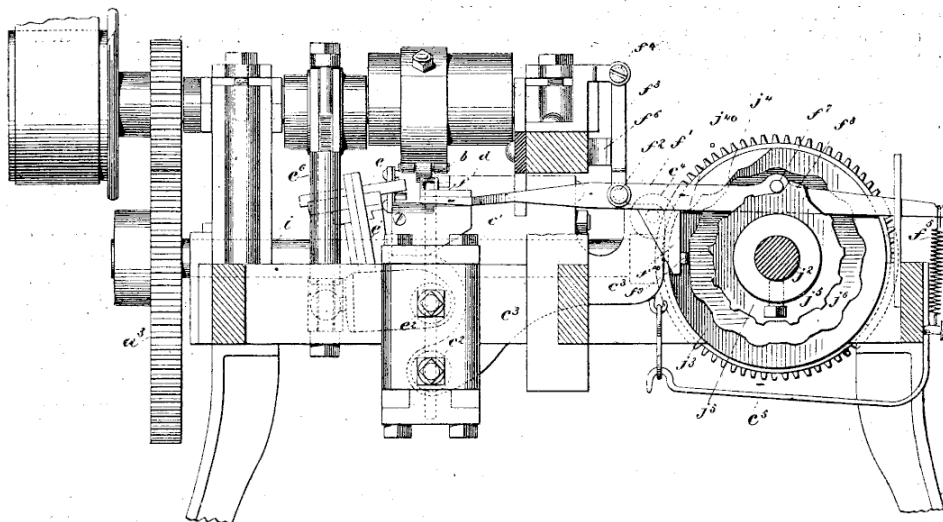


Fig. 3. — Cloutière Woodford. Coupe (3-3) (fig. 2).

détache alors le clou de sa tige ; puis la tige avance en deux temps, comme nous l'avons vu, de la longueur d'un nouveau clou, et les mêmes opérations recommencent.

SUR LA LIQUÉFACTION DE L'AIR PAR DÉTENTE AVEC PRODUCTION DE TRAVAIL EXTÉRIEUR.

Note de M. Georges Claude (1).

Dans une précédente Note (2), j'ai indiqué que l'insuccès de mes essais sur l'extraction de l'oxygène de l'air par dissolution à basse température m'avait conduit à me tourner dans une nouvelle direction.

En réponse aux observations que MM. Berthelot et Darboux ont bien voulu faire à ce sujet, j'ai l'honneur de faire connaître à l'Académie que mes nouvelles recherches ont été poursuivies précisément dans cette voie de la liquéfaction industrielle de l'air, dont les admirables travaux du professeur Linde nous ont ouvert l'accès.

Bien que l'oxygène ait déjà été obtenu très économiquement par cet intermédiaire de la liquéfaction, son prix est encore resté trop élevé pour beaucoup d'applications éventuelles des plus importantes. Cela provient, en grande partie, du coût trop élevé jusqu'ici de la liquéfaction, de sorte que la première chose à faire, dans l'ordre d'idées que je me suis tracé, consiste à rendre plus économique la production de l'air liquide.

On sait que les premières tentatives faites pour arriver à la liquéfaction industrielle de l'air (Siemens, 1860; Solvay, 1885; Hampson, etc.) ont mis en jeu le principe de la détente avec travail extérieur récupérable, et que ces essais ont échoué pour différentes causes, dont les principales paraissent avoir résidé dans l'énergie du réchauffement par la chaleur ambiante, et surtout dans la difficulté d'assurer le graissage des organes mobiles de la machine de détente (piston, tiroirs, etc.), dans les conditions extrêmes de température auxquelles ils sont soumis. C'est ce qui a engagé M. Linde à recourir à un principe nouveau (détente sans produc-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 septembre 1900.

(2) *Comptes rendus*, 20 août 1900.

tion de travail extérieur) qui lui a permis de résoudre industriellement le problème. Néanmoins, la théorie indique que la première méthode permettrait d'arriver à un meilleur rendement si l'on parvenait à éliminer ses inconvénients.

C'est ce qui m'a conduit à entreprendre des essais dont j'indiquerai ci-après les résultats et dans lesquels la difficulté d'assurer le graissage des organes mobiles m'est apparue comme l'obstacle capital.

Or l'air liquide mouille les métaux. On peut donc espérer que si, dans une machine à piston et tiroir, par exemple, combinée avec un échangeur de température convenable, la liquéfaction de l'air, du fait de la détente, pouvait commencer *dès la mise en marche*, la lubrification serait assurée automatiquement par l'air liquide même, au même titre que les organes d'une turbine sont lubrifiés par l'eau.

Le difficile semble donc être de franchir la période initiale. Une première idée vient à l'esprit pour la résoudre : supprimer purement et simplement cette période difficile, et pour cela, refroidir préalablement la machine de détente et l'échangeur, à l'aide d'air liquide puisé à une autre source, ou d'une détente Linde, à un point suffisant pour que la liquéfaction commence dès la mise en marche et assure la lubrification.

Mais j'ai été amené, au cours de mes essais, à un moyen beaucoup plus simple, consistant à partir de la température ambiante, et à assurer le graissage de la machine à l'aide de liquides convenables, à points de congélation graduellement décroissants à mesure du refroidissement.

J'ai obtenu les meilleurs résultats d'un mélange de valvoline légère avec une proportion croissante d'éther de pétrole, dont j'ai utilisé, pour des recherches antérieures (1), le point de congélation très bas (-160° à -170°), signalé d'autre part par M. Kaulrosh.

Grâce à l'obligeance extrême de M. Monmerqué, ingénieur en chef de la Compagnie des Omnibus, j'ai pu effectuer ces essais à l'usine des tramways de Saint-Augustin-Cours de Vincennes, où l'air comprimé, fourni sous une pression de 60 atmosphères, alimente, après purification, un moteur à piston et tiroir de 1 litre de capacité de cylindre, en relation avec un échangeur de température pesant près de 780 kilogrammes, comportant une surface d'échange de $7^{\text{m}^2},5$.

En partant d'une pression initiale de 20 à 25 atmosphères seulement, la machine développe, à la vitesse de 180 tours par minute et un coefficient d'admission de $\frac{1}{3}$, une puissance maxima de près de six chevaux, absorbée par une dynamo. Dans ces conditions, la température indiquée par des couples thermo-électriques fer-constantan, s'abaisse en une heure et demie environ à 140° à l'échappement; à partir de ce moment, *tout graissage est supprimé*, la température à l'échappement s'abaissant progressivement à 17° , sans que la marche de la machine cesse d'être absolument silencieuse et parfaite, pendant un temps qui a été à plusieurs reprises de cinq à six heures consécutives. Il semble donc que l'hypothèse fondamentale de l'autolubrification soit complètement vérifiée, l'air liquide se formant certainement en buée à la fin de chaque détente, et cette buée suffisant pour assurer le graissage.

Toutefois, de l'air liquide n'a pas été extrait de la machine dans ces premiers essais. Il n'y a pas lieu d'en être étonné :

La machine, de même que tout le matériel, avait été prévue pour la pression maxima disponible à l'usine, c'est-à-dire 60 atmosphères; mais avec une telle pression, l'interposition de matières lubrifiantes entre la glace et le tiroir a été absolument impossible, celui-ci n'étant pas équilibré; d'où, lors de mes premières tentatives, des grippements perpétuels qui m'ont obligé à abaisser la pression à un maximum de 25 atmosphères. Or, à cette faible pression, la puissance développée est 2,5 fois plus faible qu'il n'avait été prévu, et le refroidissement ne peut atteindre tout à fait la limite voulue, contre-balancé qu'il est par les pertes dues aux fuites et aux réchauffements par la chaleur ambiante; si l'on veut augmenter le plus possible cette puissance, en ouvrant à l'air libre l'extrémité du second compartiment de l'échangeur, de manière à supprimer la contre-pression de 3 atmosphères qui subsiste à la fin de la détente de 25 à 3 atmosphères, on augmente effectivement beaucoup la puissance, mais on augmente énormément en même temps la vitesse de l'air détendu dans l'échangeur, d'où il sort sans avoir eu le temps de céder tout son froid. Cette restitution incomplète est

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVIII; 1900.

mise en évidence par un écart de température atteignant finalement 80° entre l'air d'admission et l'air d'échappement, ce qui, eu égard au poids d'air traversant l'appareil, correspond à une partie de la puissance frigorifique de 2000 calories à l'heure, emportée par l'air d'échappement, et perdues sans profit.

Le seul remède, avec les appareils en question, serait donc bien de marcher à plus haute pression, car on pourrait ainsi conserver dans l'échangeur une contre-pression suffisante pour assurer une faible vitesse de l'air détendu et un bon échange, sans cesser d'avoir une puissance très grande.

Je pense, néanmoins, que ces essais peuvent être considérés comme très encourageants, puisqu'ils indiquent d'abord d'une façon absolue la possibilité de la marche de machines motrices dans les conditions de température qui accompagnent la liquéfaction de l'air et ont permis de dépasser considérablement la limite de température atteinte jusqu'ici à l'aide de la détente avec travail extérieur, soit 93° dans les essais de M. Solvay. D'autre part, la faiblesse de la pression qui a provoqué les abaissements énormes de température mentionnés ci-dessus, surtout si l'on tient compte de l'imperfection de l'échange des températures et des défauts graves du moteur employé, met en relief d'une manière remarquable l'extrême efficacité de la détente avec travail extérieur récupérable (1), et peut faire penser que les nouveaux essais que j'espère pouvoir entreprendre m'amèneront à la liquéfaction économique de l'air.

SUR LES DÉFORMATIONS DE CONTACT DES CORPS ÉLASTIQUES.

Note de M. A. Lafay (2).

L'emploi des comparateurs automatiques (3), ou des combinaisons optiques récemment étudiées par MM. Perot et Fabry, permettant de procéder actuellement avec une très grande précision à la comparaison des *étalons à bouts*, il était intéressant de se rendre compte, par des mesures directes, de l'ordre de grandeur des déformations dues aux pressions inévitables que l'on exerce sur les extrémités arrondies de ces étalons lorsqu'on veut les utiliser.

C'est dans ce but que j'ai entrepris un certain nombre d'expériences sur les déformations de contact des corps élastiques, en employant, pour effectuer les mesures, des dispositifs optiques analogues à l'appareil classique institué par Fizeau pour l'étude de la dilatation des cristaux. Mes recherches ont porté principalement sur le bronze et l'acier.

Les rayons (R) des sphères constituant les arrondis ont varié entre 5 millimètres et 250 millimètres et l'effort de compression (p), servant à produire les déformations, a reçu diverses valeurs comprises entre 3^{kg},700 et quelques grammes.

La plupart de mes expériences ont eu pour but la détermination de l'affaissement, sous charges variables, d'un corps sphérique pressé contre un plan, mais j'ai également exécuté des mesures relatives au rapprochement de deux sphères comprimées l'une contre l'autre.

Dans tous les cas, lorsque les pressions sont trop faibles, le contact est mal assuré et l'effet des trépidations du sol produit un tremblement des franges, qui empêche de poursuivre les mesures jusqu'au voisinage du *contact géométrique* correspondant à $p = 0$. Il en résulte que, s'il est possible de déterminer avec précision les variations des écrasements, leurs valeurs absolues sont moins bien connues et ne peuvent s'obtenir que par une sorte d'extrapolation.

Ces réserves faites, on pourra se faire une idée des résultats obtenus en consultant le Tableau abrégé ci-après (colonnes *Exp.*), qui se rapporte à des corps sphériques en acier pressés contre un plan en même métal.

(1) Dans des essais faits avec un échangeur beaucoup plus léger, j'ai pu obtenir des températures du même ordre, soit — 160°, en partant d'une pression bien plus faible encore, soit 7 atmosphères.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 septembre, 525.

(3) L. HARTMANN, *Sur un comparateur automatique pour mesures à bouts* (*Comptes rendus*, t. CXX, p. 1024).

Constantes mécaniques de l'acier employé :

Module d'Young : $E = 19\,500$; Coefficient d'élasticité de glissement : $G = 7\,200$

Charges en kilogr.	Déformations exprimées en microns pour diverses valeurs du rayon R.													
	R = 5 ^{mm} .		R = 10 ^{mm} .		R = 20 ^{mm} .		R = 30 ^{mm} .		R = 60 ^{mm} .		R = 150 ^{mm} .		R = 250 ^{mm} .	
	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.	Exp.	Calcul.
0,400.	0,25	0,22	0,22	0,17	0,20	0,13	0,19	0,11	0,15	0,09	0,14	0,07	0,14	0,06
0,500.	0,65	0,61	0,57	0,48	0,49	0,38	0,45	0,33	0,36	0,27	0,32	0,20	0,30	0,17
1,000.	1,02	0,97	0,87	0,75	0,74	0,61	0,68	0,53	0,53	0,42	0,44	0,31	0,42	0,26
2,000.	1,60	1,54	1,33	1,22	1,13	0,97	1,02	0,85	0,82	0,67	0,62	0,49	0,58	0,42
3,000.	2,00	2,01	1,73	1,60	1,47	1,27	1,30	1,11	1,06	0,88	0,78	0,65	0,72	0,55

Une étude des déformations de contact, uniquement basée sur la théorie mathématique de l'élasticité, a été faite par Hertz (4); d'après cet illustre physicien, deux sphères de rayons R_1 et R_2 , appuyées l'une contre l'autre par une force p , subissent un rapprochement α donné par la formule

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{9}{16} \left(\frac{1-\eta_1^2}{E_1} + \frac{1-\eta_2^2}{E_2} \right)^2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) p^2},$$

dans laquelle les lettres E et $\eta = \frac{E}{2G} - 1$ désignent, suivant l'indice dont elles sont affectées, les constantes élastiques des matériaux constituant chacune des sphères.

L'application de cette formule a donné les nombres inscrits dans les colonnes *Calcul* du Tableau précédent. Les écrasements observés et ceux qu'indique la théorie présentent des différences qui vont en s'accroissant à mesure que R augmente, et il paraît difficile d'attribuer ces divergences à des erreurs commises soit dans l'évaluation des arrondis, soit dans la détermination des constantes élastiques des corps employés.

D'ailleurs Hertz a établi, pour le cas de deux corps de forme quelconque, que α devait croître comme la puissance $\frac{2}{3}$ de p . Or, en employant une méthode de discussion qui fait seulement intervenir les variations de α , c'est-à-dire en éliminant l'incertitude qui, pour des raisons exposées ci-dessus, règne sur la valeur absolue de cette grandeur, j'ai trouvé que, si les courbes déduites de mes expériences peuvent être assez bien assimilées à des paraboles $\alpha = Kp^\gamma$, l'exposant γ n'est sensiblement égal à $\frac{2}{3}$ que pour des valeurs de R relativement faibles. Lorsque R augmente, cet exposant décroît et paraît tendre vers $\frac{1}{2}$.

L'étude des déformations, bronze contre bronze et bronze contre acier, est venue confirmer ce résultat. J'ai également fait quelques expériences sur des corps élastiques très souples ($E = 0^{\text{kg}},0025$ par millimètre carré), constitués par une gelée à base de gélatine; les déformations α atteignent alors plusieurs millimètres pour des rayons variant de 4 centimètres à 10 centimètres et des valeurs de p inférieures à 1 kilogramme; elles sont bien représentées par des paraboles en $p^{\frac{2}{3}}$. Il y a donc lieu de penser que la loi de la puissance $\frac{2}{3}$ est vérifiée pour toutes les valeurs de $\frac{\alpha}{R}$ supérieures à une certaine limite $\left(\frac{1}{10\,000} \text{ environ} \right)$; en dessous de ce nombre; il est probable que l'influence d'une cause inconnue, dont l'analyse de Hertz n'a pas tenu compte, devient sensible et produit des divergences observées.

Dans cette idée, il était naturel de penser au frottement mutuel des surfaces en contact, déformées par la pression. A plusieurs reprises, j'ai lubrifié avec de l'huile fine les corps en expérience : j'ai

(4) H. HERTZ, *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, t. XCII, p. 456.

constaté que, pour des valeurs de p supérieures à 100 grammes, l'influence de cet agent était si faible qu'il n'en résultait pas pour les franges un déplacement sensible.

Si ces derniers essais n'ont pas conduit à l'explication cherchée, ils ont toutefois montré que, pratiquement, on peut sans inconvénient huiler les extrémités des règles à bouts, mais à la condition expresse que la manière dont on les emploie ne fasse pas intervenir le frottement de leurs extrémités sur les surfaces qu'elles touchent.

Dans le cas où l'un des corps est sphérique et l'autre plan, ou quand tous deux sont sphériques et de même rayon, il paraît assez naturel d'admettre que α dépend seulement de R , p et des coefficients $E_1, G_1, \dots, E_2, G_2, \dots$, qui caractérisent l'élasticité des matériaux constituants; de simples considérations d'homogénéité montrent alors que l'on a nécessairement

$$\frac{\alpha}{R} = \varphi \left(\frac{p}{E_1 R^2}, \frac{p}{G_1 R^2}, \dots \right).$$

Donc, en multipliant par $\frac{R''}{R'}$ les ordonnées α et par $\left(\frac{R''}{R'}\right)^2$ les abscisses p de la courbe trouvée dans le cas du rayon R' , on doit en déduire une courbe susceptible de coïncider avec celle que l'expérience donne pour le rayon R'' ; cette vérification m'a toujours donné des résultats satisfaisants, même dans le cas où la formule de Hertz est en défaut.

D'après la théorie, α doit rester constant lorsque, sans changer la forme des corps, on intervertit l'ordre des matériaux constituants; l'expérience vérifie assez bien ce résultat, même dans le cas où la loi de l'exposant $\frac{2}{3}$ n'est pas applicable; toutefois, l'écrasement paraît être légèrement plus fort lorsque c'est le corps le plus dur qui a le plus petit rayon de courbure.

L'étude de la manière dont varient les phénomènes pour différentes valeurs de E est beaucoup plus difficile; elle n'est pas encore assez avancée pour que je puisse l'aborder dans cette Note.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Août au 15 Septembre 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo-
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>Pc.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille écon. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rcp.</i> Revue générale de chimie pure
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	et appliquée.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer
élèves des écoles des arts et	et tramways.
métiers.	<i>Rgts.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
Industry (London).	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
Sciences.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La-	<i>Rt.</i> Revue technique.
bor, des États-Unis.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de
<i>Dp.</i> Dingler's Polytechnisches Journal.	la métallurgie.
<i>E.</i> Engineering.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>E'</i> The Engineer.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	(Bulletin).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri-
<i>Ef.</i> Économiste français.	ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in	de Mulhouse.
Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute	France (Buletin).
(Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de légis-
<i>Gc.</i> Génie civil.	lation.
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> Industrie minière de St-Étienne.	<i>USR.</i> Consular Reports to the United
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> La Nature.	Ingenieure und Architekten-Ve-
<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.	reins.

AGRICULTURE

- Agriculture** en Danemark. *Ap.* 6 Sept., 343.
 — à l'Exposition. *Ap.* 16, 23, 30 Août, 227, 267, 297; *Gc.* 1^{er} Sept., 324, 342.
 — Enseignement de l' et les universités, (Gain). *Rgds.* 30 Août, 964.
Associations rurales en Belgique. *Musée social.* Juin.
Arbres fruitiers. Nouveau parasite. *Ag.* 1^{er} Sept., 350.
Artillerie agricole contre la grêle, la foudre et les sauterelles. *Ag.* 8 Sept., 373.
Betteraves. Expériences de Cappelle. *Ag.* 18, 25 Août, 272, 290; 13, 18 Sept., 353, 391, 432.
Blé. Semis drus et clairs. *Ap.* 16 Août, 221.
 — de Rieti riche en gluten. *Ap.* 13 Sept., 385.
 — Destruction du charançon. *Ap.* 23 Août, 266.
Café. Culture du Guatemala. *Rs.* 15 Sept., 341.
Cartes agronomiques. (Progrès des) (Carnot). *Ag.* 1^{er}, 8 Sept. 321, 369.
Champignons de couche (Maladies des). *Ag.* 18 Août, 255; 1^{er} Sept., 335, 375.
Charrue rotative Nubar. *Ap.* 30 Août, 301.
Cheval norique. *Ag.* 25 Août, 303.
Engrais. Progrès récents. *Ms.* Sept., 603-625.
 — Grain, paille, engrais. *Ap.* 6 Sept., 346.
 — La nitrogène. *Cs.* 31 Août, 753.
 — dans la culture des haricots. *Ag.* 13 Sept., 423.
Faucheuses automobiles (Essais de). *Ap.* 6 Sept., 358.
Génie rural à l'Exposition. *Ap.* 16 Août, 235.
Lait. Choix d'une écrémeuse. *Ap.* 1^{er} Août, 231.
 — Valeur comparative du lait converti en beurre et en fromage. *Ag.* 18 Août, 252.
 — Fromagerie, laiterie de Vevy. *Ag.* 18 Août, 254.
Laitues (Parasites des). *Ap.* 16 Août, 243.
Machines agricoles à l'Exposition (Angleterre). *Ap.* 16 Sept., 352; 13 Sept. 395.
 — Russie. *E.* 7 Sept. 293.
 — Machines Bajac. *Ag.* 8 Sept., 380.
 — Faucheuses automobiles (Essais de). *Ag.* 15 Sept., 429.
 — — Maïs (le). *Ag.* 15 Sept., 411.
Moissonneuses Deering et Plano. *Ap.* 20 Août, 270.

- Moissonneuses.* Affûtage des scies (*Id.*), 264.
Mouton. Oestre du. *Ap.* 16 Août 234.
Râteau à cheval Canu. *Ap.* 6 Sept., 352.
Récolte de 1900. *Ap.* 23 Août, 257.
Semoirs en ligne (Contre des). *Ap.* 16 Août, 226.
Vigne. Exploitation viticole aux Landes. *Ap.* 13 Sept., 386.
Vins. Cause d'erreur dans la recherche de l'acide salicylique (da Silva). *CR.* 13 Août, 423.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer métropolitain de Paris.** *Pm.* Août, 122.
 — à l'Exposition P.L.M. *Rgc.* Août, 195; Est. *Id.* 235.
 — de l'Indo-Chine française. *E.* 14 Sept., 328.
 — du Brésil. *USR.* Août, 403.
 — Russes. *Rgc.* Août, 311; Hongrois. *Id.* 357.
 — du Great Northern. *E'*. 31 Août, 218; 14 Sept., 257.
 — Économiques en France. *E'*. 24 Août, 180.
 — *Electriques.* Locomotive du Creusot. *Ie.* 10 Août, 327.
 — — de l'Exposition. *Rgc.* Août, 291.
 — — de l'Allemagne. *EE.* 18 Août, 251.
 — — Ligne d'Orléans, quai d'Orsay. *Ie.* 10 Août, 333.
 — — de Berlin. *VDI.* 8 Sept. 1198.
 — — de Chamounix. Servo-moteurs à air comprimé. *Rgc.* Août, 226.
 — — Résistance des trains. Expériences de Mac Mahon. *EE.* 8 Sept. 361.
 — *Funiculaire* de Montmartre. *Gc.* 11 Août, 271.
Chronotachymètre P.L.M. *Rgc.* Août, 230.
Fourgon dynamométrique de l'université d'Illinois. *E'*. 14 Août, 196.
Gare du Sud. Boston. *E.* 31 Août, 256.
Locomotive à l'Exposition (Rous Martin). *E'*. 14 Sept., 256.
 — Compound avec démarreur Krauss. *Gc.* 11 Août, 265. P.L.M. *Rgc.* Août, 196. Est. *Id.* 235. Nord. *Id.* 308. État Saxon. *E.* 23 Août, 236.
 — 6 roues couplées pour le chemin méditerranéen. *E.* 15 Sept. 345. *Rgc.* Août, 301. P.L.M. *Rgc.* Août, 208.

Locomotives. Paris-Orléans. *E'*. 17 Août 157.

- de l'Est. *RM.* Août, 220.
- du Chemin de fer du Nord. *Gc.* 25 Août, 301.
- Autrichiennes à l'Exposition. *E.* 17 Août, 208.
- Consolidation de l'Illinois central. *E.* 14 Sept. 333.
- Maffei, Royal Bavarois. *E.* 7 Sept. 298.
- Borsig à surchauffeur Schmidt. *E'*. 7 Sept., 233.
- Tiroir piston de l'American Balance valve Co. *RM.* Août, 230.

Distributions Berth-Guedon. *Pm.* Août, 135.

Signaux pneumatiques de l'International pneumatic Railway Signal Co. *E.* 14 Sept. 331.

Voie de 1 mètre. Wagon-salon des chemins du Sud. *E.* 31 Août, 263.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles.** Divers. *Dp.* 25 Août, 333.
- Puissance motrice, sa détermination (Montel). *EE.* 8 Sept., 393.
 - à l'Exposition. *E'*. 7, 14 Sept., 229, 253.
 - pour poids lourds (Maynard). *EM.* Sept., 825.
 - électriques. Meynier et Legros. *La.* 23 Août, 647; *Ic.* 10 Sept. 379.
 - — transporteur Dubs et Laffitte. *EE.* 8 Sept., 390.
 - à pétrole Panz (amovible). *Pm.* Août, 126.
 - — Henriod, 126. *La.* 16, 30 Août, 522, 564.
 - — Tricycle Lawson. *La.* 16 Août, 526.
 - De Dion. *La.* 16 Août, 536.
 - à vapeur. Divers. *Dp.* 25 Août, 536.
 - — Chaboche. *La.* 13 Sept., 594.
 - Changement de vitesse Massignon. *La.* 16 Août, 528. Crouan. *RM.* Août, 234.
 - Direction Frantz. *La.* 16 Août, 530.
- Locomotives routières.* Roue Aveling. *RM.* Août, 235.
- Tramways.** Voitures Brill. *E.* 31 Août, 268
- électriques à contacts Dolter. *Ic.* 10 Août, 329.
 - — au Congrès de 1900. *EE.* 8 Sept. 379.
 - — (Prises de courant pour). (Postel Vinay). *EE.* 25 Août, 306.
 - — (Congrès des). *EE.* 13 Sept. 407.

CHIMIE ET PHYSIQUE

- Acétylène.** Divers. *Cs.* 31 Août, 723.
- et l'hygiène (Neuberg). *RCp.* 20 Août, 167.
 - gazogène Husson. *E'*. 31 Août, 223.
- Acides** sulfurique (Industrie de l') (Pierson). *Ms.* Sept. 561.
- lactique, fabrication Boulanger. *Cs.* 31 Août, 773.
- Alcools.* Emploi industriel (Arachequesne). *SAF.* Juin, 347. Présence du zinc (Roman et Duluc). *Pc.* 15 Sept., 265.
- Acoustique.* Les ondes stationnaires du son (Davis). *American Journal of Science.* Sept., 231.
- Alcaloïdes.* Divers. *Cs.* 31 Août, 766.
- de l'opium. Recherches thermochimiques (Leroy). *ACP.* Sept., 87.
- Arsenic* (Action de l'hydrogène sur les sulfures d') (Pélabon). *CR.* 13 Août, 416.
- Triiodure (Dupouy). *CN.* 14 Sept. 129.
- Brasserie.** Divers. *Cs.* 31 Août, 759.
- Matières azotées du malt (Petit et Labouresse). *CR.* 6 Août, 394.
 - Divers. *Cs.* 31 Juillet, 678.
 - Influence de la science sur la brasserie moderne (Wyatt). *Fi.* Sept., 190.
- Brome et iode* (Influence de la température sur la couleur des composés de (Kastle). *CN.* 24 Août, 90.
- Caoutchouc.* Industrie dans l'Amazonie. *SA.* 24 Août, 748.
- Cellulose* (Nitrates de) (Luck et Cross). *Cs.* 31 Juillet, 642.
- Divers. *Id.* 681; 31 Août, 733.
- Céramique.* Divers. *Cs.* 31 Août, 746.
- Cérium* (Oxalate de), préparation et détermination (Power et Shedden). *Cs.* 31 Juillet, 637.
- Congrès de Chimie.* *Gc.* 1^{er} Sept., 329.
- Chaux et Ciments.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 665. 31 Août, 747.
- (Essais des). *Cs.* 31 Juillet, 644.
 - Décomposition à la mer (Le Chatelier). *Le Ciment,* Août, 123.
- Chrome.* Extraction de l'acide chromique des résidus (Regelsberger). *CN.* 17 Août, 74.
- Analyse des minerais de fer chromé par le borax (Mac Ivor). *CN.* 31 Août 97.

- Cryoscopie et Tonométrie** (Raoult). *Rs.* 25 Août, 225; *Rgds.* 30 Août, 937.
- Cyanure.** Ferrocyanure et sulfocyanure de potassium (Guillet). *RCp.* 20 Août, 143.
- Distillerie.** Fermentation secondaire. Température de la (Hentschell). *Cs.* 31 Juillet, 678.
- Déphlegmateur Wagner. *Cs.* 31 Août, 762.
- Égouts.** Destructeurs des ordures ménagères des villes. *E'* 24 Août, 193. de Shore-ditch. *Cs.* 31 Juillet, 637.
- — de Leeds. *E'* 7 Sept., 232.
- — de Glasgow (Mac Donald). *Es.* Juillet, 4.
- question des ordures ménagères. *Ri.* 8 Sept. 343.
- Essences et parfums.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 582; 31 Août, 766.
- Industrie française à l'Exposition (Dupont). *Rep.* 5 Sept., 191.
- Otto de Rose. *Cs.* 31 Août, 769.
- Citron-Orange. *Id.* 770, 771.
- Essence de Bergamote. *Id.* 772.
- Enseignement de la chimie inorganique** (Frankland). *N.* 13 Sept., 476.
- Éthers phosphoriques** (les) (Prost). *ScP.* Sept. 678.
- Explosifs.** Divers. *Cs.* Juillet, 689.
- Gaz.** Cohésion diélectrique (Bouty). *CR.* 20 Août, 445.
- Gaz à l'eau.** Développement en Europe (Lewes). *Cs.* 31 Juillet, 646 (C. Delwick). *E.* 24 Août, 250.
- Gaz d'éclairage.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 648.
- Gravitation.** Études récentes. *N.* 23 Août, 403.
- Huiles.** Viscosimètre Lamansky-Nobel. *Cs.* 31 Août, 752.
- Hydrosulfures.** sulfures et polysulfures de potassium (Blaxam). *ScP.* Sept., 738.
- Industrie chimique aux États-Unis** (Chandler). *Cs.* 31 Juillet, 591.
- en Angleterre. *Cs.* 31 Août, 742.
- et nos chimistes (Guillet). *Rs.* 15 Sept., 321.
- Iodures et acide iodhydrique.** Action sur l'acide sulfureux (Volhard). *ScP.* Sept., 673.
- Laboratoires.** Dosage électrolytique du cadmium (Balachowsky). *CR.* 6 Août, 384.
- du cobalt en présence du nickel (Moore). *CN.* 17 Août, 73.
- Laboratoires.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 690; 31 Août, 774.
- Diphénilcarbaide, réactif de quelques composés métalliques : cuivre, fer, chrome (Cazeneuve). *Pc.* 15 Août, 150.
- Recherche de l'azote dans les composés organiques sulfurés (Tauber). *CN.* 31 Août, 99.
- Appareil pour prélever les échantillons d'eau (Malmijac). *Pc.* 15 Sept., 271.
- Meunerie.** Moulins Daverio. *Dp.* 25 Août, 543.
- Étude radiographique des farines (Renault). *RCp.* 20 Août, 163.
- Molybdène.** Oxyde bleu (Guichard). *CR.* 6-13 Août, 389, 419.
- Optique.** Vision stéréoscopique des courbes tracées par les appareils phasés. (Dechevrens). *CR.* 13 Août, 408.
- Lunette de Galilée. Théorie nouvelle (Quesneville). *Ms.* Sept., 573.
- Photométrie (La) (Violle). *EE.* 15 Sept., 414, 420.
- Phosphorescence, formes diverses (Lebon). *Rs.* 15 Sept., 527.
- Spectre de l'hydrogène et de la vapeur d'eau (Trowbridge). *American Journal of Science.* Sept., 222.
- Oxygène.** Extraction par dissolution à basse température (Claude). *CR.* 20 Août, 447.
- Papier.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 681.
- Pétrole.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 650.
- Photographie des couleurs** (Shepherd). *SA.* 31 Août, 758; 7 Sept., 769; 14 Sept., 781.
- Phosphore.** Prétendue transformation en arsenic. *Ms.* Sept., 625-628.
- Poids atomiques** du baryum radifère (Curie). *CR.* 6 Août, 382.
- Points d'ébullition** du zinc et du cadmium (Berthelot). *CR.* 6 août, 380.
- Résine et vernis.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 672; 31 Août, 753.
- Sodammonium et potassammonium.** Action sur les métalloïdes (Hugo). *ACP.* Sept., 5.
- Soie artificielle.** Emploi de la gélatine. *Ms.* Sept., 631.
- de la cellulose (Bronnert). *MC.* Sept., 279.
- Sucrerie.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 676; 31 Août, 756.
- Filtre-presse Wilson. *Ri.* 18 Août, 315.
- Chaux dans le sucre de betterave. *Cs.* 31 Août, 757.

- Sucrierie.** Dextrines de saccharification (Pettit). *CR.* 20 Août, 433.
- Tensions de surface (Mesures des) (Stevens). *American Journal of Sciences.* Sept., 243.
 - Étude bactériologique des produits des sucreries. *Cs.* 31 Août, 756.
- Tannage au chrome** (Eitmer). *Cs.* 31 Août, 754.
- Tabacs** (Chimie des). *Ms.* Sept., 629.
- Teinture.** Divers. *Cs.* 31 Juillet, 653, 659; 31 Août, 728, 734; *Mc.* 1^{er} Sept., 290, 296.
- Progrès en 1899 (Suais). *Ms.* Sept., 591.
 - Matière colorante d'*Echinus esculentus* (Griffiths). *CR.* 13 Août, 421.
 - Combinaison de la fuchsine et des matières colorantes azoïques sulfoconjuguées (Seyewitz). *CR.* 27 Août, 472.
 - Indigo, synthèse (Johnson). *CN.* 24 Août, 89; 14 Sept., 127.
 - Influence de l'azote dans le noyau au point de vue du caractère colorant. (Blumenfel et Mublstén). *Mc.* Sept., 273.
 - Dosage du pouvoir colorant des chlorates (Felli). *Mc.* 1^{er} Sept., 293.
- Thermomètres et pyromètres électriques** Hartmann et Braun. *Élé.* 18 Août, 97.
- à gaz à hautes températures (Holborn et Day). *American Journal of Science.* Sept., 171.
- Terres rares.** Nouveaux spectres (Demarcay). *CR.* 6 Août, 387.
- Monazites (Derby). *American Journal of Science.* Sept., 217.
- Tungstène pur**, réduction de l'anhydride tungstique par le zinc (Delépine). *ScP.* Sept., 675.
- Verre.** Application du pétrole à l'industrie du (Krwachapkune). *Gc.* 25 Août, 309.
- Zinc.** Dosage comme phosphate (Dakin). *CN.* 31 Août, 101.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Associations coopératives** anciennes et nouvelles de la Prusse Rhénane. *Ef.* 8 Sept., 323.
- Belgique.** Recensement des industries et métiers (Julien). *Rso.* Sept., 406.

- Chine** (Industrie et commerce européens en). *Ef.* 8 Sept., 327.
- Coton.** Développement de l'industrie américaine. *Fi.* Sept., 161.
- France,** mise en valeur des colonies. *Ef.* 18 Août, 221.
- Progression des dépenses publiques. *Ef.* 15 Sept., 359.
- Grèves en 1900.** *Ef.* 18 Août, 223.
- Houille.** Production et commerce dans les différents pays. *SL.* Août, 193.
- Habitations à bon marché.** Intervention des pouvoirs publics (Rostand). *Rso.* Sept., 353.
- Japon.** Commerce extérieur en 1900. *Ef.* 18 Août, 223.
- Journée de travail** (La) (Graffenried). *DoL.* Juillet, 873.
- des employés de chemins de fer en Prusse (*Id.*), 877.
- Manufactures** (Développement des) au point de vue de l'ingénieur (Arnold). *Ef.* 31 Août, 223.
- Marchés à terme** et bourses du commerce. *Ef.* 15 Sept., 357.
- Mines et mineurs.** *E.* 17-31 Août, 241, 260.
- Paris.** Finances depuis un siècle. *Ef.* 18 Août, 219.
- Variations dans ses sources d'approvisionnement. *Ef.* 8 Sept., 329.
- Patentes** en 1899. *SL.* Août, 150.
- Postes et Télégraphes.** Organisation. *Ef.* 18-25 Août, 217, 253.
- Prévoyance ouvrière** en Angleterre. *Ef.* 18 Août, 227; 15 Sept., 364.
- Prudhommes** (Réforme des conseils de). *Ef.* 25 Août, 253.
- Secours mutuels** et assurances sociales en Angleterre au XVIII^e siècle (Bassevais). *Rso.* Sept., 452.
- Sécurité du travail.** Action de l'initiative privée. *Ef.* 1^{er} Sept., 293.
- Suède et Norvège.** Situation économique. *Ef.* 25 Août, 259.
- Socialisme** (Expérience de) en Australie. *Ef.* 2 Sept., 294.
- Trades-Unions** (Congrès des). *E.* 14 Sept., 337.
- Trusts et combinaisons industrielles** (Jenks). *DoL.* Juillet, 661.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Buildings américains.* SuE. 15 Avril, 851.
Ciment armé. Conduite d'alimentation Bon-na. *Le Ciment.* Août, 115.
 — Dalles et parois tlechées en fer et ciment, Chaudy. IC. Août, 219.
Exposition. Pavillon du Creusot. E. 24 août, 231.
 — Palais de l'Électricité. Ge. 1^{er} Sept., 317.
Hippodrome de Montmartre. Ac. Août, 130.
Métal déployé. Rt. 10 Août, 349.
Nettoyage mécanique des rues (Smith). E. 14 Sept., 333.
Passerelles de l'Exposition. Ac. Août, 114.
Ponts à arcades Vierendel. Rt. 10 Août, 337.
 — du Great. Northern Nottingham. E'. 31 Août, 218.
 — allemands à l'Exposition. E. 17 Août, 499; 7 Sept., 289.
 — au xix^e siècle. VDI. 23 Août, 1118.
 — hauteur des poutres. E'. 17 Août, 153.
 — Reconstruction du pont Norvals (Transvaal). E. 7 Sept., 297.
Poutres Vierendel. IC. Août, 163.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs.** Société du Transport de Force. EE. 18 Août, 247.
 — à liquide immobilisé. Ie. 15 Sept., 170.
Commutateur électrolytique pour courants alternatifs (Hildburg). Cs. 31 Juillet, 669.
Commutatrices et transformateurs redresseurs (Janet). EE. 25 Août, 294.
Condensateurs (Emploi des) (Boucherot). EE. 25 Août, 297.
Dynamos. Accouplement des alternateurs au point de vue des harmoniques et effet des moteurs synchrones (Pérot). CR. 6 Août, 377.
 — Dimensions des balais (Dettmar). Ie. 10 Sept., 582.
 — Théorie des moteurs polyphasés (Giles). EE. 25 Août, 281.
 — Augmentation apparente des entrefers par l'emploi d'induits dentés (Guilbert). Ie. 10 Sept. 370.
 — Alternateurs. (Construction des) (Parshall et Hobart). E. 24 Août, 227.

- Dynamos.** Boucherot de 1000 chevaux. Ri. 8 Sept., 340.
 — Alternomoteurs simples ou polyphasés à grand couple de démarrage. Déri. Ie. 10 Août, 324.
Éclairage. Progrès des lampes (Blondel). EE. 1^{er} Sept., 342.
 — des théâtres (Mornat). EE. 8 Sept., 384.
 — Rendement des lampes à incandescences intensives, moyen de l'augmenter (Weissmans). EE. 1^{er} Sept., 355.
Electricité tirée de la vapeur d'eau. Production et utilisation (Stahl). Rt. 10 Août, 351.
Électro chimie. Divers. Cs. 31 Juillet, 669, 31 Août, 751.
 — Dépôts électro-chimiques (Bouilhet). EE. 15 Sept., 434.
 — Électrolyse de sels fondus (Helfeinsterrin). Cs. 31 Juillet, 670.
 — Désignations unitaires fondamentales (Le Blanc). EE. 18 Août, 270.
 — Fours électriques (Keller). EE. 25 Août, 312. Gin et Leleux. RCp. 20 Août, 165.
Loi de Ohm (La) (Eder et Valenta). Dp. 18 Août, 523.
Mécanismes électromagnétiques. (S.-P. Thomson). EE. 25 Août, 302.
Mesures. Grandeurs et unités électriques au Congrès de 1900 (Hospitalier). Ie. 10 Août, 321; EE. 8 Sept., 374.
 — Appareil pour mesurer l'intensité des champs magnétiques. Cotton. EE. 18 Août, 257.
 — Appareils de laboratoire de la section allemande (Armagnat). EE. 1^{er} Sept. 321.
 — Compteur Holden à intégration discontinue. EE. 15 Sept., 401.
Stations centrales. Exposition. Groupes Fives-Lille. EE. 18 Août, 343. Helios. E'. 17 Août, 159. Dujardin. E. 31 Août, 264. Escher Wyss. Ge. 1^{er} Sept., 327; E. 7 Sept., 296. Bréguet. Ge. 8 Sept. 337. Hauts fourneaux de Maubeuge. Ele., 15 Sept., 161.
 — Glasgow. E'. 14 Sept. 259.
 — Blackheath. Greenwich. E'. 31 Août, 206.
 — Nancy. EE. 8 Sept., 386.
 — Rathmines. E'. 7 Sept., 247.
 — Tarification de l'énergie électrique. EE. 15 Sept., 434.

- Téléphones.** Tableau commutateur de Saint-Étienne. *Elé.* 17 Août, 100.
 — Transmetteur Bréguet. *Elé.* 15 Sept., 164.
 — sans fil. Radiophonie (Popoff). *Rgds.* 15 Sept., 1017.

HYDRAULIQUE

- Distribution d'eau* de Godalming. *E.* 17 Août, 197.
 — Bradford. *E.* 14 Sept., 349; *E'*. 14 Sept., 274.
Forces motrices du haut Rhône français (Bonnefond). *Id.* Août, 249.
Garniture Hoffmann. *R.M.* Août, 237.
Pompes Worthington à l'Exposition. *Gc.* 18 Août, 284.
 — Corcy. *R.M.* Août, 235.
 — Struckland et Cross, Kessler Meteulf. *Id.*, 236.
 — centrifuges émulsives (Courtois). *Ru.* Août, 163.
 — à incendies Menjweather. *E.* 31 Août, 279.
Roue au-dessus de 10 mètres de diamètre. *Dp.* 1^{er} Sept., 557.
Turbines à l'Exposition (Ruchel). *VDs.* 25 Août, 1113. *E'*; 14 Sept., 254.
 — Taylor. *R.M.* Août, 237.

MARINE, NAVIGATION

- Canal de la Marne à la Saône.* *Rt.* 10 Août, 343.
Constructions navales. Stabilité statique et dynamique des navires (Chaigneau). *Bam.* Août, 601.
Machines marines. Propulsion des navires. Théorie (Mansell). *E'*. 24 Août, 179.
Marines de guerre. Nouveau type de combat. *Rmc.* Juillet, 70.
 — Organisation de la flotte à venir (Touchar). *Rmc.* Juillet, 82.
 — italienne. Torpilleur le *Condor*. *Rmc.* Juillet, 98.
 — allemande. *Rmc.* Juillet, 125.
 — anglaise. *Rmc.* Juillet, 121; croiseur *Hogire*. *E.* 17 Août, 210. Transport *Hardinge*. *E'*. 17 Août, 169.
 — japonaise. Croiseur *Adruna*. *E'*. 17 Août, 173.
 — espagnole. *Rmc.* Juillet, 135. Croiseur *Bayan*. *E'* 31 Août, 211.
 — Blindages américains. *E'*. 7 Sept., 242.

- Marines de guerre.** Torpille automobile Obry. *Rt.* 25 Août, 367.

Navigation de la Tamise. *E.* 24 Août, 184.

- Paquebots.** *Deutschland*. *Rmc.* Juillet, 105.

- *Arundal*. Service de la Manche. *E.* 17, 31 Août, 210, 264.

- *Canadian*. *E'*. 17 Août, 161.

Ports d'Antibes. *Rmc.* Juillet, 5.

Renflouage (Le). Noaker. *E.* 17 Août, 222.

Yacht de la reine d'Angleterre; essais. *E.* 7 Sept., 308.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Remarques sur la locomotion aérienne (Toutin). *Rgds.* 15 Sept., 1014.

Broyeur Rotter. *R.M.* Août, 245.

Chaudières à tubes d'eau dans la marine marchande. *E'*. 14 Août, 268. Steinmuler. *Ri.* 18 Août, 314. White et Forster. *R.M.* Août, 218. Ibjanski. *Pm.* Août, 132.

- oléothermique Mahl et de Nittis. *Ri.* 8 Sept., 337. *R.M.* Août, 219.

- tubulaire Berninghaus. *Ri.* 1^{er} Sept., 330.

- Galloway à l'Exposition. *E.* 17 Août, 207.

- Épurateurs détartreurs Barbier. *Bam.* Août, 785; Warwick. *E.* 14 Sept., 545.

Concasseur Baxter. *Ri.* 1^{er} Sept., 331.

Courroies. Force transmise sur les poulies de grand diamètre. *CR.* 25 Août, 314.

Dragues Rudolph. *VDI.* 25 Août, 1130.

- Simons pour Suez. *E'*. 7 Sept., 230.

- Smulders. *R.M.* Août, 241.

- à succion (Les) (Masse). *R.M.* Août, 149.

Énergie mécanique. Prix par vapeur, hydraulique et électricité (Kershaw). *E.* 14 Sept., 351.

Excavateur Robinson. *R.M.* Août, 244.

Graisneur Shaeffer Budenberg. *R.M.* Août, 246.

Levage. Manutention des minerais. *SuE.* 15 Août, 825. *VDI.* 18 Août, 1093.

- Crochet à air comprimé Steedman. *R.M.* Août, 216.

- Pont roulant hydraulique de 25 tonnes. *AMA.* 9 Août, 764.

- Élévateurs Peek, Hough. *R.M.* Août, 240.

- Grues électriques Mohr. *Rt.* 25 Août, 361.

- Palan Eade et Alliday. *R.M.* Août, 243

Levage. Vérins. Joyce, Robinson. *RM. Août*, 240.

Machines-outils à l'Exposition (Fischer).

VDI. 18 Août, 1087; 1^{er}, 8 *Sept.*, 1163, 1209. Kendall et Gent. *E'*. 7 *Sept.*, 237.

— actionnées par l'électricité (Lasche). *VDI. 8 Sept.*, 1189.

— à forger les rivets. Platt. *E. 17 Août*, 221.

— à faire les vis à bois Sloan. *RM. Août*, 202; les chaînes Strathorn. *RM. Août*, 246; les chevilletes de la C^{ie} de l'Ouest. *RM. Août*, 334.

— à tailler les pignons Smith et Coventry. *E'*. 24 *Août*, 186; Oerlikon. *AMa. 16 Août*, 785.

— Ateliers W. Forster, Lincoln. *E'*. 7 *Sept.*, 243.

— — Organisation commerciale des ateliers (Diemer). *EM. Sept.*, 892.

— — (Administration des). *Es. Juillet*, 56.

— Courbe-tubes Donaldson. *E. 24 Août*, 240.

— Affûteuse pour fraises Schmatz. *Pm. Août*, 118.

— Cintreuse Allagnier. *RM. Août*, 246.

— Emboutisseur Creager. *RM. Août*, 249.

— Perceuse pour chaudières Dollitt. *AMa. 9 Août*, 769.

— Tours à l'Exposition. *E. 14 Sept.*, 339; à fileter Shellenbach. *AMa. 9 Août*, 760.

— — alimentateurs et porte-outils Brophy. *RM. Août*, 250.

— — à vis Mac Cormack et Smith. *RM. Août*, 252.

— Fraiseuse-raboteuse Kendall et Gent. *E. 24 Août*, 240.

— Jauge pour fils Newall. *E'*. 31 *Août*, 221.

— Marteau pneumatique Berg. *RM. Août*, 248.

— Outils en acier Taylor, essais. *AMa. 16 Août*, 783.

— Polisseuse du chemin de fer de l'Ouest. *RM. Août*, 252.

— Riveuse hydraulique Naylor. *AMa. 16 Août*, 790.

— Tourne-boulons Gabriel. *RM. Août*, 249.

Moteurs à vapeur en l'an 1900 (Sauvage). *Rgds. 15 Sept.*, 1002.

— à l'Exposition. *VDI. 1^{er} Sept.*, 1153. Galloway. *E. Août*, 207. Nurenberg. *E'*. 24 *Août*, 179. Carels. *Pm. Août*, 114; *E'*. 17 *Août*, 135. Belleville. *Ri.*

25 *Août*, 321; *Gc. 8 Sept.*, 337. *Pm.*

Août, 130. Escher Wyss. *Gc. 1^{er} Sept.*,

327, 331. Bietrix. *E'*. 7 *Sept.*, 234.

Bollinckx. *Ri. 8 Sept.*, 338.

Moteurs à vapeur. Triple expansion Wigzell. *E. 7 Sept.*, 311.

— (Essais de). *E'*. 7 *Sept.*, 241.

— Condenseurs Wheeler, Barnard. *RM. Août*, 257.

— Distribution Kron. *RM. Août*, 256.

— Régulateur Rites. *RM. Août*, 258.

— Indicateurs révélateurs (Duchesne). *RM. Août*, 137.

— Jets de vapeur. Expériences de Rosenheim, *RM. Août*, 208.

— Turbine à vapeur Rateau. *RM. Août*, 167.

— à gaz à l'Exposition (Freytag). *VDI. 18 Août*, 1077. Seraine, Bellamy, Crouan. *RM. Août*, 259.

— — pour l'éclairage électrique. *E. 17, 24, 31 Août*, 199, 244, 273; 14 *Sept.*, 322.

— — (Installations de) (Dawson). *E. 14 Sept.*, 287, 322.

— — à gaz de hauts fourneaux (Laverge). *Ri. 18, 25 Août*, 313, 323; 1^{er}, 8 *Sept.*, 329, 344. Thwaites et Mensforth. *RM. Août*, 260.

— — Régulateurs Lanchester. *RM. Août*, 263, Soupapes d'échappement Crossley-Atkinson. *RM. Août*, 263.

— à pétrole Holroyd-Smith. *RM. Août*, 263.

— — Collin, Dufresne. *La. 13 Sept.*, 597.

Presse-étoupe oscillant Egrot. *Ri. 10 Août*, 339.

Résistance des matériaux (Critérium de la). *E. 24 Août*, 241.

— Spécifications de la section américaine de l'Association internationale des méthodes d'essai. *E. 31 Août*, 283.

— Lois de Wohler. *E'*. 31 *Août*, 203.

Transmission Copland. *RM. Août*, 248.

MÉTALLURGIE

Aluminium et cuivre. Leur avenir. *E'*. 17 *Août*, 166.

— Hydroxydes d'aluminium (Allen). *CN. 17 Août*, 75.

— Aluminothermie (L') (Archdeacon). *Eam. 25 Août*, 219.

Argent (Schnabel). *Pm.* Août, 122.

- Traitement des plombs argentifères aux Globe Works (Denver). *Eam.* 18 Août, 195.

Coke. Désulfuration. *E'*. 7 Sept., 229.

Cuivre (Détermination du soufre dans le grillage des minerais de) (Longridge). *E.* Août, 235.

Fer et acier. Avenir de l'industrie. *E.* 7 Sept., 303.

- La trempe (Heys). *InE.* 15 Août, 837.
- Aciéries de Hamilton. *SuE.* 1^{er} Sept., 881.
- Acier au nickel à l'Exposition (Abraham). *Gc.* 11 Août, 208.
- Recuit des moulages d'acier (Couroux). *Bam.* Août, 694.
- Hauts fourneaux au gaz à l'eau. *E'*. 17 Août, 133. Construction nouvelle. *Eam.* 18 Août, 193.
- Laminoirs. Machine de Ehrardt et Schner. *SuE.* Sept., 871. Les trios (*Id.*), 875.
- Fontes (Étalonnage des). *E.* 31 Août, 281. Blanches (Trempe des) (James). *Fi.* Sept., 227.

Métallurgie à l'Exposition (Liebetanz). *VDI.* 25 Août, 1109.

Zinc. Schnabel. *Pm.* Août, 142.

MINES

Argent. Gisement du Cerro de Pasco. *AM.* Juin, 660.

Argent. District de Leadville (Tonge). *Em.* Sept., 809.

Boisages et défilage des galeries. *Eam.* 1^{er} Sept., 247, 250.

Diamant au Cap. *Gc.* 18 Août, 287.

- Schistes diamantifères de Minas Geraes (Derby). *American Journal of Science.* Sept., 207.

Étain. Mines de Cornouailles. *E'*. 17 Août, 172.

Fer. Mines de Terre-Neuve. *Eam.* 11 Août, 155.

Fonçage et muraillement d'un puits à la Bouble. *Gc.* 18 Août, 271.

Grisou (Travaux de la Commission du) (1887-1900) (Chesneau). *AM.* Juin, 621.

Locomotives électriques (Emploi des). *E.* 7 Sept., 291.

Mines et mineurs. *E.* 31 Août, 260.

Nouvelle-Écosse (Gisements de la). *Eam.* 11 Août, 159.

Or. Dragage en Nouvelle-Zélande. *Eam.* 11, 18 Août, 761, 191.

- Région du Yukon et de None. *DoL.* Juillet, 832.

- Ontario-Ouest. *Eam.* 1^{er} Sept., 247.

Rubis. Mines du Burma. *Eam.* 18 Août, 187.

Sels de potasse. Gisements allemands. *Eam.* 1^{er} Sept., 243.

Signaux dans les mines. *Eam.* 1^{er} Sept., 252.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE



NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR **M. S. Jordan**, *membre du Comité des Arts chimiques*,
PAR **M. P. Buquet**.

SAMSON JORDAN, né à Genève, le 23 juin 1831, est entré à l'École Centrale en 1851 et en est sorti en 1854, obtenant le premier diplôme de sa spécialité ; il avait choisi celle de constructeur, mais, ainsi qu'il arrive fréquemment, les circonstances le dirigèrent dans une autre voie, elles en firent un métallurgiste.

L'un de ses professeurs, Amédée Burat, qui avait pu apprécier, dès l'école, la justesse de son esprit, son ardeur au travail et sa grande intelligence, le fit appeler, en 1855, aux Mines de Portes ; chargé, au début, de la construction des hauts fourneaux de Saint-Louis, il fut bientôt définitivement attaché, comme ingénieur, à cette usine et à la Société du gaz de Marseille.

C'est de cette époque que datent ses premiers succès et l'on ne peut mieux faire que de répéter, ici, ce que dit à ce sujet, la *Revue universelle des Mines*, dont Jordan fut le fidèle correspondant.

« Les hauts fourneaux de Saint-Louis entreprirent, sous la direction de Jordan, plusieurs innovations métallurgiques des plus importantes. Ils furent des premiers à produire, en France, des fontes au coke de qualité supérieure pour la fabrication des fers fins et des aciers, au moyen

des minerais riches et purs importés de l'île d'Elbe, d'Espagne et d'Algérie. »

Les usines françaises et belges ne tardèrent pas à entrer dans la même voie que Saint-Louis ; et en 1860 les fontes au coke de cette usine furent, à Saint-Étienne, substituées, dans la fabrication de l'acier puddlé, aux fontes au bois de Corse ; puis, en 1861, les fontes à acier supplantèrent les fontes d'hématite anglaises dans la fabrication de l'acier Bessemer.

Ces innovations permirent d'abaisser considérablement le prix des fers fins et de livrer, à bas prix, aux Forges françaises, des produits similaires aux fontes au charbon de bois.

On voit, par là, quelle grande part revient incontestablement à Jordan dans ces heureuses transformations de l'industrie métallurgique.

Devenu ingénieur-directeur du service central de la Société du gaz et hauts fourneaux de Marseille, il fit construire à Saint-Louis, en 1862, le premier haut fourneau à grande production du bassin du Rhône et, en 1864, introduisit la fabrication des fontes Spiegel au coke. Successivement administrateur-délégué et administrateur de la Société depuis 1873 jusqu'à la fin de sa vie, il conserva toujours une part active dans la direction, et la Société de Portes et du Gaz et hauts fourneaux de Marseille reconnaît hautement qu'elle doit à cet éminent ingénieur une part considérable de sa prospérité.

Pendant trente années, Jordan a fait partie du Conseil de la Compagnie de Denain et Anzin et là encore, il a rendu d'éclatants services ; « pendant ce laps de temps, dit le Président de cette Société, pas un travail n'a été accompli, pas une amélioration n'a été apportée, pas un progrès n'a été réalisé qu'il n'en ait été le confident ou l'inspirateur. »

C'est sur ses avis que le Conseil de Denain avait décidé de créer une usine modèle à côté de l'ancienne et de la doter de l'outillage le plus perfectionné qui existât en France ; huit jours avant sa mort, il arrêtait les plans définitifs de cette usine qui, par délibération du Conseil, s'appellera : l'usine Jordan.

Ce sont là des titres industriels qui suffiraient pour fixer la notoriété d'un ingénieur ; mais Jordan avait, en outre, des titres scientifiques qui ne le cèdent en rien à ceux-là ; en première ligne :

La théorie calorifique du procédé Bessemer où il fit intervenir le principe des combustions intermoléculaires et qui contribua puissamment aux progrès de la métallurgie de l'acier ;

Puis les publications sur les conditions de la production des fontes extra-siliciées et sur la volatilisation du manganèse aux hautes températures, fait confirmé ensuite par d'intéressantes recherches ; enfin ses nombreux et savants articles dans les journaux et revues techniques.

Dans tous les Conseils où il était appelé à siéger :

Comité consultatif des Arts et Manufactures ;

Comité des Forges, dont il était devenu l'un des vice-présidents ;

Conseil de la Société d'Encouragement ;

Société des Ingénieurs civils de France, qu'il présida avec tant de distinction, Jordan ne tardait pas à prendre une grande influence, autant par le charme de son caractère, que par sa remarquable érudition. Son urbanité, la droiture de son jugement, la loyauté de ses relations créaient partout, autour de lui, une atmosphère de respect et de sympathie, à l'influence de laquelle il était difficile d'échapper.

Au moment de son décès, il allait recevoir, de l'Institut du fer et de l'acier, la médaille d'or Bessemer ; il était officier de la Légion d'honneur et tout porte à croire qu'à l'issue de l'Exposition de 1900, la croix de Commandeur serait enfin venue couronner justement une carrière aussi brillamment qu'utilement parcourue.

Il faut aussi rappeler le professeur de haute valeur que fut Jordan ; pendant trente-sept ans, de 1863 à sa mort, il professa, à l'École centrale, le cours de métallurgie du fer et s'y voua tout entier, on peut dire avec passion ; c'est en vue de ce cours qu'il entreprit un grand nombre de ses recherches ; sachant mener de front la théorie et la pratique, comprenant combien elles sont intimement liées ; rien ne lui coûtait, ni voyages, ni démarches pour aller étudier sur place et souvent au loin, les procédés nouveaux, les améliorations sur lesquelles il était, d'ailleurs, le plus souvent consulté et dont il rapportait la primeur à son auditoire.

Esclave du devoir, il consacrait de longues heures à la recherche des démonstrations les plus claires ; vérifiait tous ses chiffres avant de les énoncer ; préoccupé de ne rien laisser à l'imprévu, il n'a jamais professé une leçon sans l'avoir préparée avec le soin le plus méticuleux. Aussi, disaient ses élèves : « on sentait que ce cours était vécu. »

Sa bienveillance est restée légendaire parmi les 37 promotions d'ingénieurs qu'il a formées.

Quand vint l'heure de la fatigue et non celle du repos (car il n'était pas de ceux qui s'arrêtent), il songeait à renoncer, peu à peu, à toutes les charges

qu'il remplissait pour se consacrer exclusivement à son cours dont il avait malheureusement retardé sans cesse la publication, ne le trouvant jamais complètement à point ; mais une maladie soudaine l'a vaincu et l'a emporté en quelques jours.

Après une vie toute d'honneur et de dévouement, il est mort *debout*, en plein travail, laissant, à tous ceux qui l'ont connu, un grand exemple à méditer et le souvenir d'un *vaillant*.

Lu et approuvé en séance le 26 octobre 1900.

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT *fait par M. Daubrée, au nom de la Commission des fonds,*
SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1899

MESSIEURS,

Conformément à l'article 31 de nos Statuts, j'ai l'honneur de vous présenter, au nom de la Commission des fonds, le résumé des comptes de l'exercice 1899.

1^{re} PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

AVOIR		DÉBIT	
1 ^o Cotisations des membres de la Société (689 cotisations à 36 francs)	24 804 »	1 ^o Prix, médailles et récompenses diverses	11 432,02
2 ^o Dons divers	2 700 »	2 ^o <i>Bulletin</i> : frais de rédaction, d'impression et d'expédition	38 526,89
3 ^o Abonnement au <i>Bulletin</i> de la Société	3 996 »	3 ^o Impressions diverses : <i>Annuaire, Comptes rendus</i> . .	3 640,35
4 ^o Produit de la vente au numéro du <i>Bulletin</i> de la Société	1 148,55	4 ^o Bibliothèque : traitement des agents, acquisitions, documents, reliures, fiches	5 194,20
5 ^o Locations diverses	13 290 »	5 ^o Agence et Économat : traitement des agents et employés, frais divers . . .	17 361,55
6 ^o Arrérages de rentes : 3 p. 100 59 924,50 3 1/2 p. 100 1 351 »	61 275,50	6 ^o Jetons de présence	4 840 »
7 ^o Intérêts de fonds en dépôt	19,66	7 ^o Hôtel de la Société : A. Aménagement, entretien, réparations 2 361,49 B. Mobilier 1 255 » C. Chauffage, éclairage, eau 4 713,20	11 847,23
8 ^o Divers	72,85	D. Contributions, assurances et divers 3 517,54	
		8 ^o Frais d'expériences, et conférences	8 166,70
		9 ^o Allocation pour le Grand Prix	1 500 »
		10 ^o Pensions	3 500 »
<i>A reporter</i>	107 306,56	<i>A reporter</i>	106 008,94

A VOIR		D ÉBIT	
<i>Report</i>	107 306, 56	<i>Réport</i>	106 008, 94
		11° Souscriptions et dons	
		divers	809, 85
			106 818, 79
		Excédent de dépenses	
		reporté de l'exercice 1898.	4 201, 66
			111 020, 45
		Les recettes s'élèvent	
		à	107 306, 56
		Il ressort un excé-	
		dent de dépenses sur les	
	107 306, 56	recettes de	3 713, 89

Nos recettes sont restées stationnaires, le nombre des sociétaires qui était de 693 à la fin de 1898 est en 1899 de 689.

Des économies, réalisées surtout sur l'entretien de l'Hôtel de la Société, nous ont permis, tout en continuant à doter largement le fonds des recherches et expériences, de ne pas augmenter le déficit des années précédentes. Alors qu'en 1898 nous avions aux recettes 108 700 fr. 93 et aux dépenses 112 902 fr. 59, soit un déficit de 4 201 fr. 66, nous nous trouvons à la fin de 1899 en présence de 108 633 fr. 24 de recettes, pour 112 347 fr. 10 de dépenses. Le déficit est de 3 713 fr. 89.

Nous sommes heureux de constater la pleine prospérité de notre Société; mais, comme les années précédentes, nous vous demanderons de continuer à faire des économies de façon à voir disparaître de nos comptes le déficit, quelque peu important qu'il puisse être.

2° PARTIE

FONDATIONS, DONS ET COMPTES SPÉCIAUX

1° Grand Prix de la Société.

Ce prix, de 12 000 francs, est destiné à récompenser tous les six ans une découverte ou un perfectionnement présentant un intérêt capital pour notre industrie nationale.

Il a été décerné en 1895; une somme de 1 500 francs a été prélevée, en 1899, sur les fonds généraux pour augmenter la réserve en vue du prochain prix.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1898 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	6 325, 90	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . .	1 592, 93
Subvention reçue des fonds généraux.	1 500 »		
Intérêts des sommes déposées.	92, 93		
	<u>7 918, 83</u>		

Le montant des sommes déposées à la Caisse des Dépôts et Consignations s'élève à 7 918 fr. 83.

2° Fondation destinée à développer et à perpétuer l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet.

Les intérêts de cette fondation doivent être capitalisés jusqu'en 1933.
Capital au 31 décembre 1898 : 6 270 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1898.	161, 20	Achat de 177 francs de rente 3 p. 100	5 930, 95
Arrérages.	6 324, 25		
	<u>6 485, 45</u>		

Reste 554 fr. 50 dans la caisse de la Société.

Le capital de cette fondation se trouve porté à 6 447 francs de rente 3 p. 100.

3° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

But: récompenser tous les six ans, par un prix de 12 000 francs, l'auteur de la découverte la plus utile au perfectionnement de notre industrie nationale. Le prix a été décerné en 1898.

Legs primitif : 40 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 2 000 francs.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	5 354, 54	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	2 077, 69
Arrérages	2 000 »		
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.	77, 69		
	<u>7 432, 23</u>		

Les sommes disponibles au 31 décembre 1899 s'élèvent à 7 432 fr. 23, versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

4^e Legs Bapst.

Legs primitif : 2160 francs de rente 3 p. 100 ; a servi à établir deux fondations.

1^{re} *Fondation*. — But : venir en aide aux inventeurs malheureux.

Capital : un titre de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898.	1 595, 60	Secours à 10 inventeurs. . . .	1 575 »
Arrérages.	1 565, 20		
	<u>3 160, 80</u>		

Reste disponible dans la caisse de la Société, 1 585 fr. 80.

2^e *Fondation*. — But : aider les inventeurs dans leurs travaux et recherches.

Capital : 3 594 fr. 80 de rente 3 p. 100.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898	890, 55	Allocations à 16 inventeurs. .	3 715 »
Arrérages.	3 594, 80	Prélèvement pour le compte des fonds généraux	1 200 »
	<u>4 485, 35</u>		<u>4 915 »</u>

Excédent des dépenses sur les recettes : 429 fr. 65.

5^e *Fondation* Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.

Capital : 1 036 francs de rente 3 p. 100.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898.	613, 65	Payé six annuités de brev.	630 »
Arrérages.	1 036 »		
	<u>1 649, 65</u>		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 1 019 fr. 65.

6° Fondation de la princesse Galitzine.

But : servir un prix à décerner sur la proposition du Comité des arts économiques.

Legs primitif : 2 000 francs.

Cette fondation n'ayant pas encore reçu d'application, les intérêts s'en sont capitalisés.

Capital au 31 décembre 1898 : 17 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	498, 20	Néant.
Arrérages	244, 80	
	<u>743 »</u>	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 743 francs.

Capital au 31 décembre 1899 : 17 obligations 3 p. 100 de l'Est.

7° Fondation Carré.

But : analogue à celui de la fondation précédente.

Legs primitif : 1 000 francs.

Jusqu'ici les intérêts ont été capitalisés en attendant une destination spéciale.

Capital au 31 décembre 1898 : 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	123, 18	Néant.
Arrérages	100, 80	
	<u>223, 98</u>	

Reste en recette à la caisse de la Société : 223 fr. 98.

Capital au 31 décembre 1899 : 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

8° Fondation Fauler (industrie des cuirs).

But : venir en aide à des contremaîtres, des ouvriers malheureux de l'industrie des cuirs.

Capital au 31 décembre 1898 : 35 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 des Ardennes, 11 du Midi.

Aucun secours n'a été distribué en 1899.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	453, 17	Néant.
Arrérages.	705, 60	
	<u>1 158, 77</u>	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 1 158 fr. 77.

Capital au 31 décembre 1899 : 35 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 des Ardennes, 11 du Midi.

9° Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).

Même but que la précédente, à part la différence des industries.

Capital au 31 décembre 1898 : 73 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898	584, 21	3 secours	650 »
Arrérages.	1 051, 20		
	<u>1 635, 41</u>		

Reste en recette, dans la caisse de la Société : 1 085 fr. 41.

Capital au 31 décembre 1899 : 73 obligations 3 p. 100 de l'Est.

10° Fondation Christoffe-Bouilhet en faveur d'artistes industriels malheureux.

Capital : 29 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898.	562, 45	2 secours	400 »
Arrérages.	417, 60		
	<u>980, 05</u>		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 580 fr. 05.

Capital au 31 décembre 1899 : 29 obligations 3 p. 100 de l'Est.

11° Fondation de Milly (industrie de la stéarine).

But : secourir des contremaîtres et ouvriers de cette industrie qui sont malheureux ou ont contracté des infirmités dans l'exercice de leur profession.

Capital au 31 décembre 1898 : 46 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898.	794, 26	2 secours	500 »
Arrérages.	662, 40		
	<u>1 456, 66</u>		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 956 fr. 66.

Capital au 31 décembre 1899 : 46 obligations 3 p. 100 de l'Est.

12° Fondation de Baccarat (industrie de la cristallerie).

But : venir en aide aux contremaîtres ou ouvriers malheureux de cette industrie.

Capital au 31 décembre 1898 : 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	34, 85	Néant.
Arrérages.	144 »	
	<u>178, 85</u>	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 178 fr. 85.

Capital au 31 décembre 1899 : 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

13° Prix de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867 (industrie cotonnière).

But : décerner tous les six ans un prix à celui qui aura le plus contribué au progrès de l'industrie cotonnière en France.

Legs primitif : 13169 fr. 85.

Capital au 31 décembre 1898 : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT	
Solde de 1898, versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	6 762, 24	Solde en dépense du compte de 1898.	200, 79
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations	70, 60	Une allocation.	3 000 »
Coupons des obligations de l'Est	619, 20	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	689, 80
	<u>7 452, 04</u>		<u>3 890, 59</u>

Excédent des dépenses sur les recettes : 800 fr. 79.

Le montant des sommes déposées à la Caisse des Dépôts et Consignations s'élève à 5 052 fr. 04.

14° Fondation Ménier (industrie des arts chimiques).

But : venir en aide à des contremaîtres ou à des ouvriers malheureux ou infirmes de cette industrie.

Capital au 31 décembre 1898 : 11 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	514, 27	Néant.
Arrérages.	206, 40	
	<u>720, 67</u>	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 720 fr. 67.

Capital au 31 décembre 1899 : 11 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

15° Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867 (génie civil et architecture).

But : décerner tous les cinq ans un prix de 500 francs à l'auteur d'un perfectionnement apporté au matériel et aux procédés du génie civil ou de l'architecture.

Legs primitif : 2315 fr. 75.

Capital au 31 décembre 1898 : 15 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	196, 60	Néant.
Arrérages.	216 »	
	<u>412, 60</u>	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 412 fr. 60.

Le capital est de 15 obligations 3 p. 100 de l'Est.

16° Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 et fondation Fourcade.
(industrie des produits chimiques).

But : créer un prix annuel pour récompenser un ouvrier de l'industrie chimique, choisi de préférence parmi ceux des donateurs et parmi ceux qui comptent le plus grand nombre d'années consécutives de bons services dans le même établissement.

Capital : 1 titre de 1 000 francs de rente 3 p. 100.

A VOIR		DÉBIT
Arrérages.	1 000 »	Prix décerné en 1899 . . . 1 000 »

17° Fondation du général comte d'Aboville.

But : décerner 3 prix à des manufacturiers qui auront employé à leur service, pendant une assez longue période de temps, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles, et les auront ainsi soustraits à la mendicité.

Legs primitif : 1 000 francs.

4 prix ayant été déjà décernés, le capital est réduit à 1 obligation 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898.	255, 10	Un prix décerné.	250 »
Arrérages.	14, 40		
	<u>269, 50</u>		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 19 fr. 50.

18° Legs Giffard.

But : la moitié du revenu est destinée à créer un prix sexennal de 6 000 francs pour services signalés rendus à l'industrie française ; l'autre moitié, à distribuer des secours.

Legs primitif : 50 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 1 949 francs.

Le prix a été décerné en 1896.

A VOIR		D ÉBIT	
En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. . .	1 107, 85	Versé à la Caisse des Dé- pôts et Consignations.	991, 12
Arrérages	1 949 »	Versé au compte des Fonds Généraux.	126, 65
Intérêts des sommes ver- sées à la Caisse des Dépôts et Consignations.	166, 62		<u>1117, 77</u>
	<u>3 073, 47</u>		

Reste en recette à la caisse de la Société : 847 fr. 85.

En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 2 098 fr. 97, en réserve pour le prochain prix à décerner.

19° Fondation Meynot.

But : créer un prix destiné à récompenser les inventions, progrès et perfectionnements intéressant la moyenne ou la petite culture.

Legs primitif : 20 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	9 820, 46	4 prix décernés en 1899	1 500 »
Arrérages	874 »	Achat de 20 obligations 3 p. 100 de l'Est	9 360, 25
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations	71, 43		10 860, 25
	<u>10 765, 89</u>		

Reste en dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 1 121 fr. 89.

Excédent des dépenses sur les recettes : 1 216 fr. 25.

Capital au 31 décembre 1899 : un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs et 20 obligations 3 p. 100 de l'Est.

20° Fondation Melsens.

But: création d'un prix triennal de 500 francs pour récompenser l'auteur d'une application intéressante de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Legs primitif: 5 000 francs, représentés par 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Le prix a été décerné en 1899.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898	735, 20	Prix décerné	500 »
Arrérages	187, 20		
	<u>922, 40</u>		

Reste dans la caisse de la Société : 422 fr. 40.

21° Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (matériel des industries alimentaires).

Don primitif : 6 326 fr. 14.

Cette somme n'a été reçue que sous réserve de restitution aux exposants qui réclameraient leur quote-part avant trente ans; l'intégralité en est aujourd'hui définitivement acquise par suite de l'expiration de ce délai.

Capital au 31 décembre 1898 : 22 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		D ÉBIT	
Solde de 1898	278, 10	Néant.	
Arrérages	316, 80		
	<u>594, 90</u>		

Reste dans la caisse de la Société : 594 fr. 90.

Capital au 31 décembre 1899 : 22 obligations 3 p. 100 de l'Est.

22° Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50
à l'Exposition universelle de 1889 (industries relatives à l'alimentation).

But : création d'un prix triennal de 1 000 francs destiné à récompenser les recherches scientifiques ou techniques de nature à améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

Don primitif : 9846 fr. 75, représentés par un titre de 335 francs de rente 3 p. 100.

Le prix a été décerné en 1896.

A VOIR		D ÉBIT
Solde de 1898	2 024, 90	Néant.
Arrérages	335 »	
	<u>2 359, 90</u>	

Reste dans la caisse de la Société : 2 359 fr. 90.

23° Fondation des exposants de la classe 51 à l'Exposition universelle de 1889
(matériel des arts chimiques, de la pharmacie et de la tannerie).

But : création d'un prix.

Don primitif : 2 556 fr. 20.

Capital actuel : 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

La fondation est restée sans emploi en 1899.

A VOIR		D ÉBIT
Solde de 1898	326, 53	Néant.
Arrérages	100, 80	
	<u>427, 33</u>	

Reste à la caisse de la Société 427 fr. 33.

24° Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889
(industrie des tapis et tissus d'ameublement).

But : secourir des ouvriers malheureux appartenant à cette industrie.

Don primitif : 400 francs.

Capital au 31 décembre 1898 : 1 obligation 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	94, 57	Néant.
Arrérages	14, 40	
	<u>108, 97</u>	

Reste à la caisse de la Société : 108 fr. 97.

25° Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889
(génie civil, travaux publics et architecture).

But : création d'un prix.

Don primitif : 3869 fr. 85.

Capital au 31 décembre 1898 : 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	332, 25	Néant.
Arrérages	144 »	
	<u>476, 25</u>	

Reste en recette à la caisse de la Société : 476 fr. 25.

Capital au 31 décembre 1899 : 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

26° Fondation des exposants de la classe 75 à l'Exposition universelle de 1889
(viticulture).

But : prix à décerner à celui qui indiquera un moyen pratique de se débarrasser des insectes ennemis de la vigne : l'altise ou la cochyliis.

Don : 1 000 francs.

A VOIR		DÉBIT	
En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . .	1 000 »	Versé à la Caisse des Dé- pôts et Consignations. . . .	1 015 »
Intérêts.	15 »		
Solde de 1898.	12, 77		
	<u>1 027, 77</u>		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 12 fr. 77; en dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 1 015 francs.

27° Fondation de Salverte.

But : décerner chaque année, sur la proposition du Comité des beaux-arts, un prix consistant en une médaille d'argent et une somme de 25 francs

à un ouvrier français, appartenant à la corporation du bâtiment, moral, habile, âgé de 60 ans au moins, père d'une famille nombreuse qu'il aurait bien élevée.

Don primitif : 1 000 francs, qui ont été employés à l'achat de 29 francs de rente 3 p. 100.

La fondation ne remonte qu'à 1896 et le prix n'a pas encore été décerné.

A VOIR		DÉBIT
Solde de 1898.	68, 35	Néant.
Arrérages.	29 »	
	<u>97, 35</u>	

Reste en recette à la caisse de la Société : 97 fr. 35.

28° Souscriptions perpétuelles et à vie.

A VOIR		DÉBIT	
Solde de 1898.	95, 61	Achat de 43 francs de rente	
4 versements.	2 000 »	3 p. 100.	1 454, 50
	<u>2 095, 61</u>		

Solde en caisse : 641 fr. 11.

Le capital constitué par les souscriptions perpétuelles et à vie comprend 2 549 francs de rente 3 p. 100.

29° Table décennale du Bulletin.

A VOIR		DÉBIT	
Solde de 1898 déposé à la		Versé à la Caisse des Dépôts	
Caisse des Dépôts et Consigna-		et Consignations.	313, 22
tions	906, 66		
Intérêts.	13, 22		
Annuité de 1899.	300 »		
	<u>1 219, 88</u>		

Solde : 1 219,88 déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

Le bilan de notre Société, arrêté au 31 décembre 1899, est annexé à notre rapport.

Votre Commission a constaté l'exactitude et la parfaite régularité des comptes que nous venons de vous exposer ; elle vous propose de les adopter.

Nous ne voulons pas clore l'exposé de notre situation financière sans exprimer notre affectueuse gratitude à celui qui contribue le plus à la bonne administration de nos deniers, à notre cher trésorier qui, depuis si longtemps, nous donne tant de preuves de son zèle éclairé et de son absolu dévouement à nos intérêts.

Nous avons la certitude d'interpréter fidèlement votre pensée à tous en adressant nos plus vifs remerciements à M. Goupil de Préfelin.

LUCIEN DAUBRÉE.

Lu et approuvé en séance, le 26 octobre 1900.

ACTIF		PASSIF	
Immeuble de la Société.	600,000 "	Valeurs mobilières et immobilières appartenant à la Société.	2,744,609,36
Portefeuille de la Société.	2,144,609,36 }	Valeurs des fondations.	815,774,80
Portefeuille des fondations.	597,469,01	<i>Sommes provenant des fondations, classes et comptes spéciaux versées dans la Caisse de la Société, qui en est débitrice.</i>	
Portefeuille du fonds d'accroissement.	218,303,79		
Caisse, BANQUERS :		Jollivet.	354,30
Crédit Foncier.	403,50	Bapt (A.).	1,385,80
Caisse des Dépôts et Consignations.	25,838,84	Christofle.	1,019,65
Caisse du Siège social.	6,047,42	Galitzine.	743 "
Caisse du Trésorier.	12,194,66	Caré.	223,98
		Fautou.	1,158,77
		Legend.	1,085,41
		Christofle et Boulhet.	580,05
		De Milly.	396,66
		De Baccaud.	478,85
		Menier.	720,67
		Bande.	412,60
Fonds généraux : Solde débiteur.	3,713,89	D'Aboville.	49,50
Débiteurs divers.	3,262 "	Giffard.	847,85
Solde débiteur du compte : Fondation Roy c ^{te} c ^{te}	800,79	Melsen.	492,40
— — — — — Meynot.	1,216,23	Saville.	594,90
— — — — — Bapst (J.).	429,65	Parmentier.	2,329,90
		Classe 51 (1889).	427,33
		— 21 (1889).	108,97
		— 63 (1889).	476,25
		— 73 (1889).	42,77
		Souscriptions perpétuelles et à vie.	644,11
		De Salvette.	97,35
		<i>Réserves provenant des fondations, et comptes spéciaux versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.</i>	
		Grand prix de la Société.	7,918,83
		Prix d'Argenteuil.	7,492,23
		Prix de la Classe 27 (1867).	3,052,04
		Prix Giffard.	2,098,97
		Prix Meynot.	1,121,89
		Classe 73 (1889).	1,015 "
		Table décennale du Bulletin.	1,219,88
		Créanciers divers.	12,814,89
TOTAL DE L'ACTIF.	3,614,313,36	TOTAL DU PASSIF.	3,614,313,36

RAPPORT présenté par **M. Édouard Simon**, au nom des censeurs,
sur les comptes de l'année 1899.

MESSIEURS,

Le rapport dont M. Daubrée vous a donné lecture, au nom de la Commission des fonds, fournit toutes indications utiles sur la gestion financière de la Société. Comme de coutume, les comptes y sont divisés en deux parties : les *fonds généraux*, puis les *fondations particulières*, les dons avec destinations spéciales.

En ce qui concerne la première partie, les recettes de l'année 1899, déduction faite des dépenses exclusivement applicables au même exercice, laisseraient un léger boni de 487 fr. 77, si un excédent de dépenses, — dont l'origine a été indiquée dans notre précédent rapport (1), — n'avait été reporté de 1898 à 1899. Ainsi s'explique que, tout en signalant, de ce fait, un déficit, la Commission des fonds constate la prospérité de la Société. Le mot déficit ne signifie donc pas ici une insuffisance de ressources, puisqu'il suffirait au Conseil de décider l'aliénation de valeurs disponibles pour rétablir l'équilibre entre les recettes et les dépenses des *fonds généraux*.

Cette remarque n'infirme en rien les recommandations de prudente économie exprimées par la Commission des fonds. Permettez-moi d'insister aussi sur l'utilité de recruter de nouveaux sociétaires ; il ne s'agit pas seulement de combler des vides, de remplacer ceux de nos collègues qui viennent à disparaître, l'accroissement du nombre de nos adhérents, de nos collaborateurs, aurait pour effet d'étendre l'action bienfaisante de la Société d'Encouragement.

L'importance et l'intérêt du *Bulletin* semblent devoir faciliter ce recrutement.

Les fondations Bapst, Christofle, Christofle et Bouilhet, G. Roy, d'Aboville, ont permis la répartition de 7585 francs de secours sous diverses formes et le paiement de 15 annuités de brevets représentant une dépense de 1575 francs.

De plus, grâce à l'obligeant concours de l'un de nos correspondants de Marseille, M. Milliau, directeur du laboratoire officiel d'essais techniques de cette ville, partie des disponibilités des fondations Legrand et de Milly,

(1) *Bulletin* de 1899, p. 996.

jusqu'à concurrence de 1050 francs, a pu être distribuée à cinq ouvriers, dont l'âge, la situation et les mérites satisfaisaient aux conditions imposées par nos bienfaiteurs. C'est, pour l'ensemble des secours, une somme d'environ 10 000 francs, par conséquent un peu supérieure au relevé de l'année précédente.

Les dotations des *fonds spéciaux* fournissent la possibilité de faire mieux encore, nous ne devons donc négliger aucune occasion d'en informer les industries intéressées.

Pour terminer et en vous demandant, Messieurs, d'approuver les comptes tels qu'ils vous sont présentés, nous nous ferons, à notre tour, l'interprète de vos sentiments de gratitude pour la sollicitude éclairée, le dévouement constant de notre trésorier, M. Goupil de Préfelin, dont l'exactitude facilite singulièrement la tâche de la Commission des fonds et des censeurs.

Signé : ÉDOUARD SIMON, censeur.

Lu et approuvé en séance, le 26 octobre 1900.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon**, au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur les *Perfectionnements apportés à l'apprêt des tissus*, par **M^{me} V^{ve} Restignat**, 22, rue de Bécon, à Courbevoie.

MESSIEURS,

L'année dernière, je vous entretenais des tissus créés au grand profit de l'industrie nationale par un ancien fabricant de Lyon, qui n'avait pu tirer parti personnellement de cette création (1). Je dois aujourd'hui vous signaler une infortune analogue, et d'autant plus imméritée qu'un concours de circonstances vraiment exceptionnelles a anéanti tous les efforts d'une femme douée, cependant, d'une grande initiative et d'une ténacité particulière.

M^{me} V^{ve} Restignat est la fille d'un de vos anciens lauréats, M. Filliol, dont diverses inventions furent rapportées avec éloges en 1850 et en 1852 par M. Herpin et par M. de Silvestre, au nom du Comité des arts économiques (2). M^{lle} Filliol semble avoir hérité de l'esprit d'observation et de la faculté d'invention de son père; car, sans que ses occupations antérieures l'eussent préparée à cette tâche, elle arriva, par une suite d'essais, à saisir les principales causes des différences existant entre les crêpes de Chine et les tissus similaires fabriqués en France, notamment à Lyon et à Saint-Étienne.

Après s'être rendu compte des torsions les plus favorables au montage de ces articles, dont les fils alternativement tordus à droite et à gauche doivent constituer de véritables ressorts hélicoïdaux, M^{lle} Filliol (devenue M^{me} Restignat) imagina et fit construire un *métier à apprêter les mêmes tissus*. Deux particularités caractérisaient l'appareil nouveau : 1° la faculté d'apprêter des tissus de toutes largeurs, depuis les rubans de 5 centimètres fabriqués à Saint-Étienne jusqu'aux crêpes de Lyon en grande largeur, et cela grâce à deux tiges parallèles filetées sur toute la longueur du métier et

(1) Voir *Bulletin*, 1899, janvier, p. 12.

(2) *Bulletin*, 1850, p. 164 et 262; *Bulletin*, 1852, p. 528 et 739.

pouvant se rapprocher ou s'écarter aisément à l'aide d'une commande unique; 2° la disposition et la nature des pinces articulées qui, en tendant l'étoffe transversalement, donnaient aux lisières une rectitude parfaite, sans aucune détérioration. Ce dernier résultat était de grande importance, car il fournissait le moyen de tisser *en écreu* les crêpes de toutes largeurs, puis de teindre ces étoffes en pièces, aux nuances du jour, c'est-à-dire suivant les exigences capricieuses de la mode, les pièces apprêtées sur le métier Restignat se présentant sous un aspect aussi favorable, avec des lisières aussi nettes que si elles eussent été tissées à l'aide de fils préalablement teints.

M^{me} Restignat garda tout d'abord ses procédés secrets pendant quelques années et chercha à les exploiter personnellement. Consultés et frappés des résultats obtenus, Michel Alcan, Pouyer-Quertier entre autres, conseillèrent de s'entendre avec des fabricants de tissus haute nouveauté pour alimenter un atelier d'apprêts. C'est ainsi que M^{me} Restignat fut amenée à conclure avec la maison Tabourier, Perreau et Bisson, de Paris, un contrat aux termes duquel, outre une redevance par mètre d'étoffe apprêtée, les chefs de cette importante maison s'engagèrent à verser une somme de 20 000 francs pour faciliter l'installation d'une usine à Choisy-le-Roi. Le contrat signé au début de l'année 1870, M^{me} Restignat touchait à la fortune. L'établissement fut achevé, garni de ses métiers au mois d'août, en pleine guerre franco-allemande. Survint l'investissement de Paris. Obligée de fuir devant l'invasion, M^{me} Restignat retrouvait, après le siège, son usine dévastée, l'atelier transformé en écurie pour 250 chevaux de l'état-major allemand, les métiers brisés. Pour comble de malheur, M. Restignat, originaire de la Lorraine, ne put survivre à la douleur de l'annexion; sa veuve dut vendre à vil prix la propriété qu'il lui laissait en pays annexé. M^{me} Restignat ne perdit pas courage : elle consacra le produit de cette vente à la réédification de son usine; de leur côté, MM. Tabourier, Perreau et Bisson versèrent le complément de la somme qu'ils s'étaient engagés à payer, et l'on se remit au travail. Deux ans plus tard (1873), M^{me} Restignat traitait aussi avec MM. Lelarge et Auger, de Reims « pour l'apprêt de tous tissus ayant pour base le retrait des matières premières ».

Mais tant de luttes et de secousses avaient fortement ébranlé la santé de cette vaillante femme; il lui fallut liquider dans des conditions désastreuses, céder pour un morceau de pain les métiers si péniblement reconstruits. M^{me} Restignat alla rejoindre son frère à Bordeaux et, la maladie s'aggravant, resta entre la vie et la mort pendant plusieurs semaines. Au cours de cette

période, l'annuité du brevet qui garantissait la propriété du métier à apprêter, et constituait alors tout l'actif de la malade, vint à échéance. Le frère, préoccupé de la santé de sa sœur, oublia la date fatale, et le brevet tomba dans le domaine public.

Depuis lors, la vie est plus que pénible pour M^{me} Restignat, car, dénuée de ressources, impotente et âgée — elle a aujourd'hui 71 ans — elle ne peut, malgré une activité intellectuelle toujours en éveil, compter sur un travail quelconque pour subvenir aux premiers besoins de l'existence. Ses efforts, ses essais, ses méthodes n'ont cependant pas été perdus pour l'industrie; les moyens qu'elle a mis en pratique, et que d'autres utilisent aujourd'hui, servent à l'achèvement des tissus-nouveautés les plus récents. En témoignage des services rendus, votre Comité des arts mécaniques vous propose, Messieurs, de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport et d'appeler l'attention de la Société sur les titres de M^{me} V^{ve} Restignat.

Signé : ÉDOUARD SIMON, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 26 octobre 1900.

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT *présenté, au nom du Comité des Arts chimiques,*
SUR LE *tube broyeur* **Dana**, par **M. H. Le Chatelier**.

Le broyage des matières dures est une opération indispensable dans un grand nombre de fabrications industrielles ; c'est toujours une opération très coûteuse. Dans ces vingt dernières années, de grands progrès ont été faits au point de vue de l'abaissement du prix de revient. Les anciennes meules gisantes des moulins à blé, le plus souvent employées autrefois, dans la fabrication des ciments par exemple, ont été presque partout remplacées par des appareils plus perfectionnés.

Les progrès réalisés l'ont été en partant de deux principes tout à fait différents, et ont conduit à deux types d'appareils essentiellement distincts :

Les broyeurs métalliques à grandes vitesses, munis de ventilateurs, dont le broyeur Griffin est un bon représentant.

Les broyeurs lents, à galets de silex, dont le tube broyeur étudié ici est un des plus récents exemples.

La difficulté principale du broyage provient de ce que les poussières fines forment un matelas qui s'oppose à la pulvérisation des parties plus grossières insuffisamment écrasées, sans supprimer pourtant la dépense de force qui résulte des frottements internes de la masse semi-broyée. Le travail consommé se transforme en chaleur, sans produire d'effet utile.

On a, d'une part, remédié à cet inconvénient en remplaçant d'abord le frottement de glissement des anciennes meules par un frottement de roulement, et ensuite en enlevant, au moyen d'un ventilateur, les fines poussières aussitôt leur production. Les appareils ainsi construits donnent un très bon rendement mécanique. Mais, en raison de leur grande vitesse de fonctionnement et de leur construction entièrement métallique, ils demandent une surveillance et un entretien très soignés, qui ne sont pas possibles dans toutes les usines.

Dans les broyeurs à galets, d'autre part, le principe est tout autre : on augmente les surfaces frottantes en employant un très grand nombre de

galets de silex, de façon que l'épaisseur de la matière soumise à l'écrasement entre deux galets soit aussi faible que possible. Si, théoriquement, ces appareils doivent avoir un rendement un peu moins bon que les précédents, ils ont le grand avantage d'être très résistants et de ne guère demander d'autre entretien que le remplacement des silex au fur et à mesure de leur usure. Leur faible vitesse de rotation et l'absence de choc sur les enveloppes métalliques, qui sont toutes extérieures, s'opposent aux ruptures accidentelles de ces pièces.

Les broyeurs à billes sont depuis longtemps employés à la fabrication de la poudre; il est assez curieux de voir qu'ils aient été si longs à pénétrer dans les autres industries. Leur emploi ne s'est généralisé que depuis une quinzaine d'années, surtout depuis l'Exposition de 1889, où la maison Smidth, de Copenhague, avait exposé de nombreux broyeurs semblables, du type Alsing. Ces appareils sont exclusivement employés aujourd'hui pour les broyages très fins de matières très dures, dans la céramique, par exemple. On a essayé de les employer dans la fabrication du ciment, mais les résultats ont été moins satisfaisants. Le besoin d'une grande finesse ne primait pas toutes les autres considérations, et la discontinuité de l'opération nécessitait une main-d'œuvre supplémentaire assez dispendieuse. Enfin, la force motrice dépensée était encore trop considérable, parce que les premières poudres fines obtenues restaient dans l'appareil jusqu'à la fin de l'opération, et gênaient l'écrasement des dernières portions.

M. Davidsen, représentant à Paris de la maison Smidth, a eu l'idée de rendre continu l'appareil Alsing, en remplaçant le cylindre fermé par un long tube ouvert aux deux extrémités de façon à permettre la circulation intérieure de la matière à broyer.

Outre la réduction de main-d'œuvre, ce dispositif a encore l'avantage de réduire la force motrice dépensée. En effet, les parties les plus fines avancent plus vite que les parties plus grossières, et sortent les premières du tube. Il se fait ainsi dans l'appareil un classement par ordre de grosseur éminemment favorable à l'efficacité du broyage, les poudres les plus fines n'empâtant pas les plus gros grains.

Une particularité assez curieuse de cet appareil est qu'il dépense autant de force pour tourner à vide qu'à pleine charge, le frottement des galets sur eux-mêmes consomme autant de travail que lorsqu'ils sont séparés par de la poudre de ciment.

Pour être convenablement prise entre les galets de silex et écrasée, la

matière traitée doit être concassée au préalable, de façon que ses grains aient environ $\frac{1}{20}$ du diamètre de ces galets, toujours moins de $\frac{1}{10}$, sans quoi les très gros grains fonctionnent eux-mêmes comme de petits galets, et roulent en s'usant seulement par la surface sans se briser.

Votre Comité des Arts chimiques vous propose de remercier M. Davidson de son intéressante communication et d'insérer dans votre *Bulletin* le présent rapport, en le faisant suivre de la description de l'appareil.

Signé : H. LE CHATELIER, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 26 octobre 1900.

DESCRIPTION D'UN NOUVEL APPAREIL DE BROyage.

LE TUBE BROYEUR

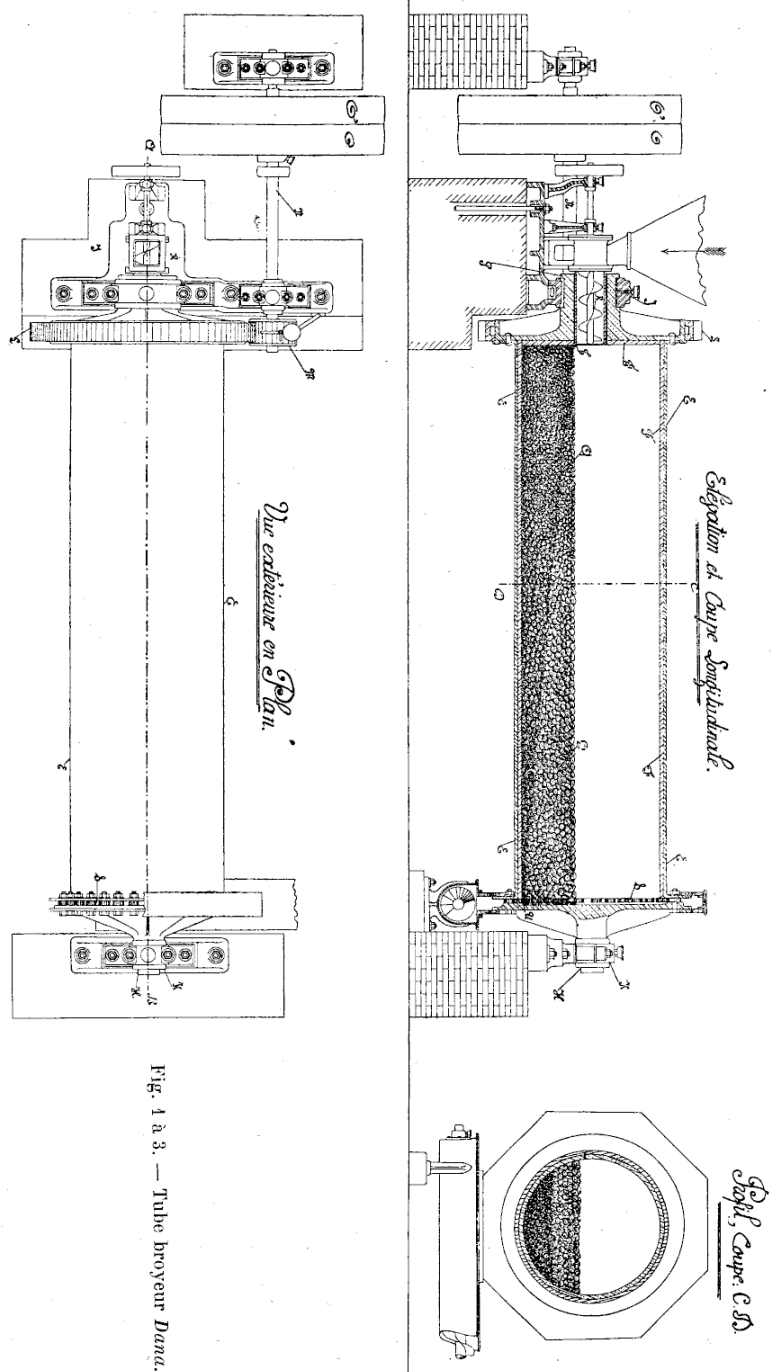
L'utilisation, dans l'agriculture, dans la construction et dans l'industrie, de nombreuses matières telles que : phosphates, ciments et minerais, employées à l'état de poudre, exige, pour l'obtention du maximum d'effet utile, que ces matières soient pulvérisées le plus finement possible.

En effet, si les dimensions des grains excèdent une certaine mesure, ils deviennent presque ou complètement inertes, et le consommateur paye les parties de la matière qui excèdent ces dimensions à un prix nullement en rapport avec l'effet utile.

On peut, en général, remarquer que, là où l'emploi de la matière est basé sur l'accomplissement d'une action chimique, soit entre deux matières solides, soit entre une matière solide et une liquide, la combinaison se fait d'autant plus intime que les matières solides offrent une surface plus grande, c'est-à-dire sont plus finement divisées.

Si l'on suppose que la matière est sous la forme de corps réguliers, de cubes par exemple, et que la fragmentation s'opère par division de chacun de ces cubes en plusieurs autres cubes, tous ayant les mêmes dimensions, on voit que la surface croît proportionnellement avec la racine cubique du nombre de divisions.

Prenons par exemple un morceau d'un kilogramme d'une matière quelconque ayant un poids spécifique égal à 1 et affectant la forme d'un cube, ce cube aura une surface de 600 centimètres carrés. En divisant ce cube en 100 autres cubes, pesant chacun 1 gramme, ceux-ci présenteront une surface de 6 000 centimètres carrés et en divisant à nouveau chacun de ces cubes en d'autres cubes pesant 1 milligramme, la surface totale atteindra 60 000 centimètres carrés.



Si on pousse le fractionnement encore plus loin, de manière que tout passe à travers un tamis n° 200 (200 fils au pouce linéaire), on aura obtenu du premier morceau, toujours en supposant la matière divisée en cubes égaux et avec 0,1 millimètre de côté, un milliard de grains ayant une surface totale de 60 mètres carrés, soit mille fois la surface de notre premier cube.

L'obtention d'une finesse aussi grande rencontre, surtout lorsqu'il s'agit du broyage de matières dures, de grandes difficultés provenant de deux causes principales.

Premièrement : la construction propre des broyeurs qui, comme nous l'expliquerons plus loin, ne fonctionnent pas d'une manière rationnelle dès qu'il s'agit d'obtenir une grande finesse. En outre, ces appareils ne broient pas uniformément, la matière qui en sort contenant, avec la partie suffisamment broyée, une partie plus ou moins grande qui a échappé au broyage et doit être séparée par un blutage.

Ce tamisage devient d'autant plus difficile et coûteux que la finesse qu'on veut obtenir s'accroît. En effet, plus l'espace occupé par les fils croît avec cette finesse, et il faut par conséquent avoir une surface de tamis totale plus grande pour conserver la même surface de trous. Comme, d'autre part, les fils des tamis fins sont nécessairement plus minces que ceux des gros tamis, ils s'usent plus vite et augmentent ainsi l'entretien des tamis, le prix des tamis fins étant déjà supérieur à celui des gros.

En ce qui concerne les difficultés découlant de la construction propre des broyeurs, il y a lieu de remarquer que le travail s'effectue dans ces appareils suivant différentes méthodes.

Dans quelques appareils, le broyage se fait par choc d'une partie de la machine contre une autre partie, fixe ou mobile, entre lesquelles la matière se trouve placée; le broyage s'opère de cette façon, par exemple dans les pilons, dans la plupart des broyeurs à grande vitesse et dans les moulins à boulets frappeurs.

Dans d'autres appareils, le travail s'effectue par un écrasement de la matière placée entre les deux parties broyantes qui roulent ou tournent à une très faible distance l'une de l'autre; c'est le cas dans les meules ordinaires et les laminaires.

Mais, dans un cas comme dans l'autre, les surfaces de parties broyantes, sont relativement restreintes, alors que la force exercée est assez puissante pour diviser de gros morceaux. Il arrive aussi, quand la division est poussée à un certain degré, que la matière déjà fine enveloppe les grains qu'il reste à broyer et agit comme un matelas amortissant l'effet du choc; une grande partie de la force est alors dépensée sans produire aucun travail utile. On comprend dès lors que, pour éviter ce grave inconvénient, il est nécessaire d'employer, une fois la matière réduite à une certaine finesse, une très grande surface broyante, de façon que la matière se trouve répartie en une couche excessivement mince; de plus, la matière se trouvant à l'état de petits grains, une faible force est suffisante pour l'écrasement final; c'est ainsi que la pression de l'ongle est souvent assez puissante pour l'écrasement de très petits grains, même de matières très dures, comme le sable et le ciment.

Il est donc préférable et plus rationnel de séparer le broyage en deux opérations, dont la première consiste à réduire la matière, par l'un des appareils connus, à une finesse imparfaite, variant suivant l'appareil employé, mais qui correspond, en moyenne, du tamis n° 10 au tamis n° 30. La seconde opération consiste alors dans le broyage fin de la matière ainsi réduite, seconde opération s'accomplissant dans un appareil qui remplit les conditions ci-dessus énoncées, c'est-à-dire construit de ma-

nière qu'il possède une grande surface broyante sur chacun des points de laquelle une force extrêmement minime sera suffisante.

L'appareil Dana, dit tube broyeur, construit sur ces bases, consiste (fig. 1 à 3) en un long tube pouvant tourner autour de son axe horizontal et rempli à moitié environ par des boulets. Le tube est intérieurement lisse, de manière que les boulets roulent librement dans l'intérieur et n'agissent que par frottement et non par chocs, comme cela se produit lorsque le tube présente intérieurement des bosses ou ondulations destinées à lever les boulets pour les faire retomber sur la matière qui est alors travaillée par chocs.

L'appareil consiste en un tube en fer E, revêtu intérieurement d'un blindage F. Ce tube peut tourner sur les deux tourillons G et H dans les paliers I et K. La rotation est déterminée par la roue d'engrenage L, fixée sur le tube, et avec laquelle engrène le pignon M, claveté sur l'arbre N qui porte les poulies folle et fixe O et O₂, mises en mouvement par une courroie.

Le tube est muni d'un trou d'homme P et rempli jusqu'à moitié par les boulets Q.

La matière à broyer est introduite dans le tube par le tourillon creux G, à l'aide d'une vis sans fin R. Sur la circonférence près de l'autre extrémité du tube, se trouvent des ouvertures S, par lesquelles la matière peut sortir, mais non les boulets.

Le fonctionnement de l'appareil en marche est le suivant :

La matière introduite tombe et se trouve prise entre les boulets ; en tournant avec eux, elle est broyée principalement par la friction entre ceux-ci et le revêtement du tube.

Elle remplit en même temps les interstices entre les boulets et avance ainsi peu à peu dans le tube, dans le sens de son axe ; arrivée à l'autre bout du tube, elle tombe en dehors par les ouvertures S.

Cette disposition, avec introduction de la matière par le centre et évacuation en un point situé plus bas, présente non seulement l'avantage d'obtenir un fonctionnement continu d'une manière très simple, mais elle a surtout pour but d'exécuter le broyage d'une manière très efficace.

En effet, grâce à cette disposition, la matière va occuper dans le tube un volume plus grand du côté de l'introduction que du côté de la sortie, et l'on peut représenter sa position dans le tube suivant la ligne pointillée T-U de la coupe (fig. 2), la matière occupant la partie fortement hachée.

Comme le tube est à moitié rempli de boulets dont les sommets sont dans le même plan horizontal, il s'ensuit que graduellement, avec l'avancement de la matière dans le tube, il y a une plus faible quantité de matière en contact avec la même quantité de boulets, parce que ceux-ci remplissent le tube à la même hauteur dans toute la longueur de l'appareil, tandis que la quantité de matière diminue ; en d'autres termes : *plus la matière avance dans le tube, plus grande est la surface de boulets avec laquelle elle est en contact*. D'autre part, au fur et à mesure que la matière avance, elle est broyée et devient ainsi de plus en plus fine ; il s'ensuit que la surface broyante augmente en proportion de la finesse obtenue. La couche formée par la matière entre les boulets diminue ainsi graduellement, en même temps que la finesse augmente, et on évite ainsi que la poudre déjà fine, enveloppant les grains qui restent à broyer, empêche le travail des boulets et le broyage des grains. *Cette disposition permet donc d'obtenir de grandes finesse sans avoir recours au blutage du produit broyé.*

En ce qui concerne les boulets, il résulte de ce qui précède qu'il a fallu chercher des boulets dont la force broyante nécessaire se répartit sur une surface aussi grande

que possible pratiquement. En conséquence, ayant le choix, pour obtenir la même force broyante, entre une petite quantité de gros boulets en fonte et une grande quantité de petits boulets en fonte, on a préféré ceux-ci; mais mieux encore est d'obtenir cette même force avec des boulets dont l'ensemble possède une surface encore plus considérable, et ce but a été acquis par l'emploi de galets de mer qui joignent une grande dureté à un poids spécifique de seulement 2,6.

Remarquons en passant que ces galets se trouvent dans la formation crétacée des côtes de la Manche; mais les conditions géologiques spéciales de certaines côtes du Danemark font que les pierres qui s'y trouvent s'adaptent mieux à l'appareil.

Il reste à faire remarquer, au sujet de la nouvelle machine, que la garniture consiste soit également en pierre, soit en fer, fonte ou acier, suivant l'application de la machine.

Lorsqu'on eut construit la première machine, elle fut examinée par la station d'essais du ministère de l'Agriculture. Les résultats de ces essais se trouvent dans le *Bulletin du ministère de l'Agriculture*, quatorzième année, n° 4 (juillet 1895).

Continuant ensuite les essais avec des machines de plus en plus fortes, on a trouvé que la longueur du tube la plus pratique pour les grandes industries est celle de 5 mètres. La charge de boulets (galets de mer) est de 3800 kilogrammes; ces galets représentent une surface d'environ 232 mètres carrés; comme la surface intérieure du tube est de 17^{m²},7, la surface totale broyante devient 250 mètres carrés. Ce type de tube broyeur absorbe, en marche normale, une force de 23 chevaux-vapeur.

Le tube broyeur ci-dessus décrit a principalement trouvé un emploi dans l'industrie des ciments, qui en a déjà adopté jusqu'à ce jour 450.

Avant de finir, il faut ajouter que le tube broyeur en dehors des avantages, au point de vue industriel proprement dit, possède une qualité spéciale indispensable de nos jours. La machine n'augmente pas, mais diminue les dangers pour les ouvriers occupés dans les industries où on l'emploie. Car, en première ligne, la création de la poussière par le blutage disparaît avec les blutoirs eux-mêmes. Ensuite, la poussière inévitable avec toute machine de broyage est réduite à son minimum par le tube broyeur, vu que cette machine est d'une rotation lente et que les organes d'introduction et de sortie de la matière peuvent être ajustés à joint étanche à l'appareil proprement dit. La poussière ne sera donc pas continuellement aspirée par l'ouvrier, la machine travaillant fort bien la plupart du temps sans surveillance.

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. de Chasseloup-Laubat (1).

AUTRICHE

Cuirassés. — Tegethoff. — Kronprinzessin Erzherzogin Stephanie. — Kronprinz Erzherzog Rudolf.

Garde-côtes. — Monarch.

Croiseurs cuirassés. — Kaiserin und Königin Maria-Theresia. — Kaiser Karl VI.

Croiseur protégé. — Kaiser Franz Joseph.

Croiseur torpilleur. — Zenta.

CUIRASSÉS

TEGETHOFF (fig. 59)

Ce navire, lancé en 1878, a été refondu complètement en 1891-92.

Longueur	87 ^m ,46
Largeur	19 ^m ,18
Tirant d'eau. { Avant.	7 ^m ,27
{ Arrière.	8 ^m ,38
Déplacement.	7 390 tonnes.

Coque en fer et acier avec double fond et compartiments étanches. Deux cheminées au milieu; deux mâts militaires.

Protection. — Ceinture cuirassée s'étendant depuis l'arrière jusqu'à 10 mètres de l'étrave, et dont les extrémités avant sont reliées par une cloison transversale cuirassée à 304. La ceinture, dont l'épaisseur maximum est de 369 millimètres, a 3^m,30 de hauteur totale dont 1^m,65 au-dessus de l'eau.

Dans la partie centrale du navire, sur 25 mètres de largeur, réduit blindé à 369 sur les flancs jusqu'à 2^m,80 au-dessus de la ceinture et fermé en avant et en arrière par des cloisons blindées à 304. En dehors de ce réduit, pont blindé à 76, horizontal au niveau du can inférieur de la ceinture.

Le blockhaus, situé au-dessus de la cloison transversale du réduit, est blindé aussi à 304. L'étrave, en fer forgé, forme éperon. Tous les blindages sont en fer forgé.

(1) Voir le *Bulletin* de mars, avril, septembre 1900.

Machines. — La machine primitive compound, horizontale, de 5 000 chevaux a été remplacée par deux machines verticales à triple expansion de 4 000 chevaux chacune. Il y a deux hélices et les nouvelles chaudières, à foyers adossés, sont timbrées à 10 kilogrammes. Machines et chaudières ont été con-

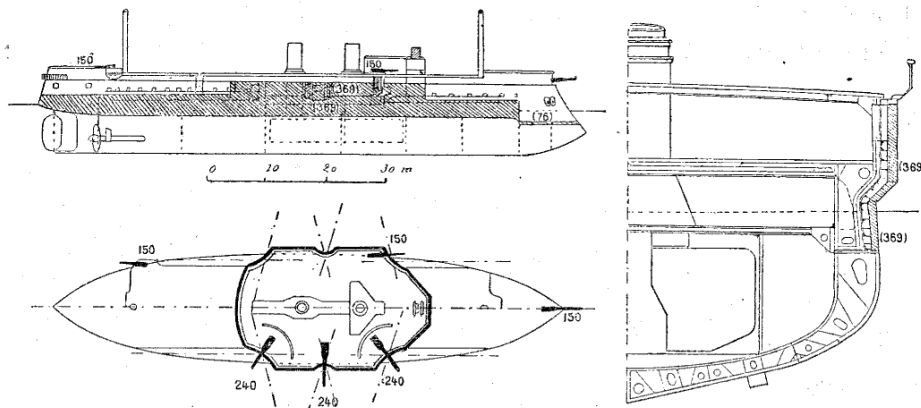


Fig. 59. — Cuirassé *Tegethoff*.

struites chez Schichau, d'Elbing, près Stettin. Bien que la puissance des machines ait pu être portée à 8 800 chevaux, la vitesse réalisée n'a été que de 15ⁿ.2.

L'approvisionnement normal de charbon est de 670 tonnes.

Artillerie. — L'armement actuel comprend :

6 canons Krupp de 240 (48 calibres), placés dans des sabords d'angles et au milieu du flanc dans le réduit, avec commandement de 2^m,84. Les deux de l'avant tirent en chasse et par le travers, les deux de l'arrière en retraite et par le travers;

5 canons Krupp de 150 millimètres à tir rapide : 1 à l'avant en pointe, 1 à l'arrière et 2 sur les flancs au-dessus des pièces d'angle de 240, tous au niveau du pont supérieur ;

15 canons de 47 à tir rapide ;

2 mitrailleuses.

4 tubes lance-torpilles.

378 hommes d'équipage.

KRONPRINZESSIN ERZHERZOGIN STEPHANIE (FIG. 60)

Construit à Trieste; lancé en avril 1887.

Longueur	85 mètres.
Largeur	17 —
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,60
Déplacement	5 150 tonnes.

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Octobre 1900.

30

Coque acier à double fond; compartiments étanches. Deux cheminées et deux mâts militaires dans l'axe.

Protection. — Ceinture complète en fer de 230 millimètres d'épaisseur, maximum montant à 2^m,50 environ au-dessus de la flottaison et descendant à 1^m,35 au-dessous (1).

A l'avant, redoute ovale en travers sur le pont supérieur et en saillie sur les

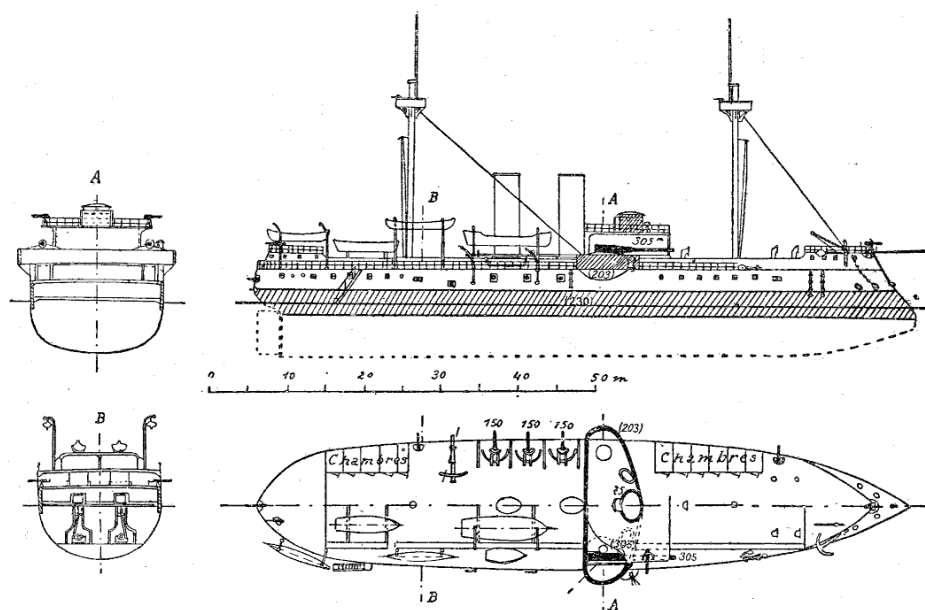


Fig. 60. — Cuirassé Stéphanie.

flancs, cuirassée en fer à 203 millimètres. Les monte-charges sont blindés à 120 millimètres.

Pont blindé à 25 millimètres seulement en acier.

Blockhaus blindé à 75 millimètres.

Machines. — Machine verticale compound à trois cylindres, développant 6 500 chevaux au tirage naturel. Vitesse : 17 nœuds.

Approvisionnement de charbon, 400 tonnes.

Armement. — 2 canons Krupp, de 305 millimètres, à manœuvre hydraulique, en barbette sur les flancs de la redoute avant, tirant en chasse ou en retraite et protégés par une carapace de 75 millimètres;

6 canons de 150 dans une batterie non protégée, en arrière des tourelles;

(1) D'après l'Aide-mémoire de Durassier, la hauteur de la ceinture cuirassée au-dessus de l'eau ne serait que de 1^m,45.

ces canons sont séparés les uns des autres par des traverses en acier de 25 millimètres; ils ont un champ de tir de 110° environ;

11 canons de petit calibre à tir rapide.

4 tubes lance-torpilles, tous au-dessus de l'eau.

510 hommes d'équipage (1).

KRONPRINZ ERZHERZOG RUDOLF (FIG. 61)

Lancé au commencement de 1887, à Pola.

Longueur totale	94 mètres.
— entre perpendiculaires . .	90 —
Largeur.	19 —
Tirant d'eau (milieu).	7 ^m ,40
— (arrière).	7 ^m ,90
Déplacement.	7 000 tonnes.

Coque en acier à double fond, cloisonnement longitudinal et transversal. Un mât militaire à l'arrière, deux cheminées, dans l'axe entre la tourelle avant et le mât. Éperon.

Protection. — Ceinture de 305 millimètres s'élevant jusqu'à 3^m,50 au-dessus

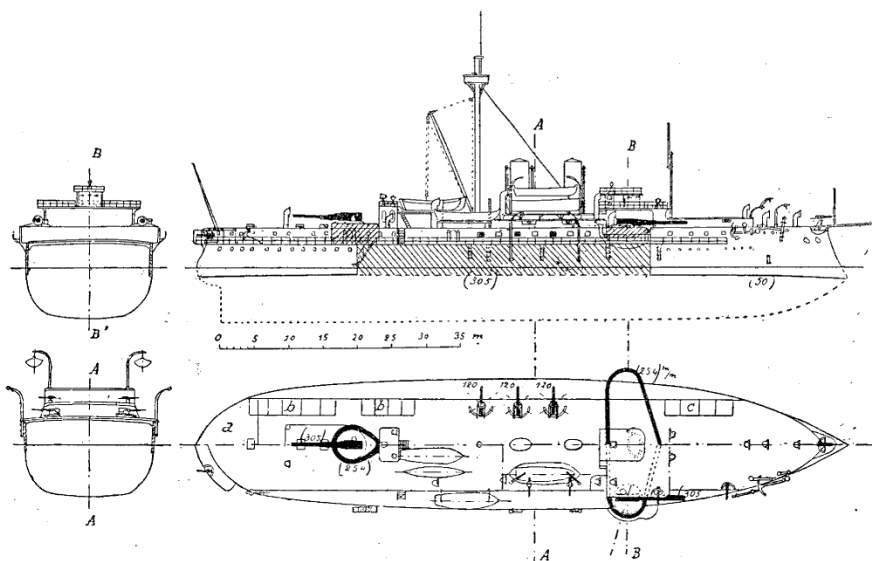


Fig. 61. — Cuirassé Rudolph.

de l'eau et s'enfonçant de 1^m,50 au-dessous. Cette ceinture règne sur les deux cinquièmes environ de la longueur du navire au centre.

(1) Chiffres donnés par le *Naval Annual*; l'Annuaire allemand ne donne que 378 hommes

Des travées blindées à 279 réunissent les extrémités de cette ceinture, à l'avant et à l'arrière.

A l'avant, redoute de forme ovale, dont le grand axe, transversal à l'axe du navire, débordé les flancs. A l'arrière, tourelle en forme de poire; redoute et tourelles sont blindées à 254 millimètres.

Pont blindé de 50 millimètres, sous-marin en dehors de la partie blindée.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion donnant 6 500 chevaux au tirage naturel. Chaudières à foyers adossés.

Approvisionnement de charbon, 600 tonnes. Vitesse : 16 nœuds.

Armement. — L'artillerie comprend :

3 canons Krupp de 305, dont deux en abord dans la redoute avant, sur affûts hydrauliques, avec champ de tir de 180° et un dans la tourelle arrière, avec champ de tir de 270°; le commandement est de 6^m,30 pour les trois pièces. Des carapaces de 75 millimètres abritent les servants; un plafond blindé à 75 millimètres également règne entre les 2 pièces de l'avant;

6 canons Krupp à tir rapide de 12 centimètres, trois de chaque bord, au centre, avec champ de tir de 110° par le travers;

9 canons de 47, à tir rapide;

2 canons de 37, à tir rapide;

11 mitrailleuses.

Il y a 4 tubes lance-torpilles dont 1 sous-marin.

Équipage de 492 hommes (1).

CROISEURS CUIRASSÉS

KAISERIN UND KÖNIGIN MARIA THERESIA (FIG. 63)

Construit à Trieste par le *Stabilimento Tecnico*, sur des plans fournis par le Ministère. Quille posée le 6 octobre 1891. Lancement le 29 avril 1893. Essais en octobre-novembre 1895.

Dimensions :

Longueur totale	114 mètres.
— entre perpendiculaires . .	107 ^m ,00
Largeur	16 ^m ,20
Tirant d'eau (milieu)	6 ^m ,50
— (arrière)	6 ^m ,80
Déplacement	5 270 tonnes.

La coque est en acier; double-fond au-dessous des machines; compartimentage très divisé, surtout au-dessus du pont cuirassé où règne, jusqu'à 1^m,70 au-dessus de la flottaison, une tranche cellulaire dont les compartiments en abord

(1) 391 seulement d'après l'Annuaire allemand.

sont remplis de liège, tandis que les compartiments placés vers le milieu du navire servent de soutes supplémentaires pour le combustible. Il existe 22 cloisons étanches. L'avant porte un éperon faisant légèrement saillie sur l'étrave. Le gouvernail est du type compensé et peut se manœuvrer d'un certain nombre de postes. Deux mâts militaires, deux cheminées dans l'axe, vers l'avant.

Protection. — Ceinture cuirassée de 100 millimètres d'épaisseur, en acier reposant sur un matelas de teck de 50 millimètres et s'étendant sur 63 mètres de longueur entre les tourelles, depuis 1^m,30 au-dessous de la flottaison jusqu'à 1^m,60 au-dessus; cette ceinture est complétée à l'avant et à l'arrière par des traverses blindées à 100 millimètres.

Pont blindé régnant sur toute la longueur, avec 57 millimètres d'épaisseur aux pentes et 39 au milieu; ce pont s'élève à 0^m,30 au-dessus de la flottaison, au centre, et descend à 1^m,30 au-dessous en abord.

Deux tourelles barbettes blindées à 100 millimètres dans l'axe du navire, une à l'avant et une à l'arrière. Ces tourelles, en forme de poire, avec carapace supérieure de 40 millimètres, sont reliées à la ceinture par des redoutes formées d'un blindage de flanc et de cloisons dont l'épaisseur commune est de 100 millimètres.

Monte-charges blindés à 90.

Deux paires de demi-tourelles, placées de chaque bord, pour les canons de 152 millimètres, sont blindées à 40 millimètres.

Deux blockhaus, blindés à 40 millimètres, l'un à l'avant du mât de misaine, l'autre au grand mât.

Machines. — Deux machines horizontales à triple expansion, commandant chacune une hélice en bronze de 4^m,57 de diamètre et 5^m,48 de pas.

Les diamètres des cylindres sont 0^m,90, 1^m,30 et 2 mètres; la course des pistons est de 1^m,05. Les condenseurs cylindriques sont placés verticalement. De puissantes pompes permettent, en cas d'avarie, d'évacuer 1 200 tonnes d'eau à l'heure.

Quatre chaudières à retour de flamme à foyers adossés (24 foyers). La surface de grille totale est de 55 mètres carrés, la surface de chauffe de 1 517 mètres carrés.

Le timbre est de 11 kilos.

L'approvisionnement du combustible est de 660 tonnes (1).

Poids total des machines et chaudières : 940 tonnes.

Avec 9 800 chevaux, au tirage forcé, la vitesse a été de 19ⁿ,4.

Armement. — L'armement comporte :

2 canons Krupp de 240 millimètres de 35 calibres, à manœuvre électrique ou à bras dans les tourelles barbettes; Champ de tir de 120° de chaque côté de l'axe;

(1) D'après l'Annuaire allemand, *Brassey* donne 740 tonnes.

8 canons Krupp de 150 millimètres, à tir rapide, dont quatre placés en encorbellement sur affûts à point central dans les demi-tourelles (deux de chaque

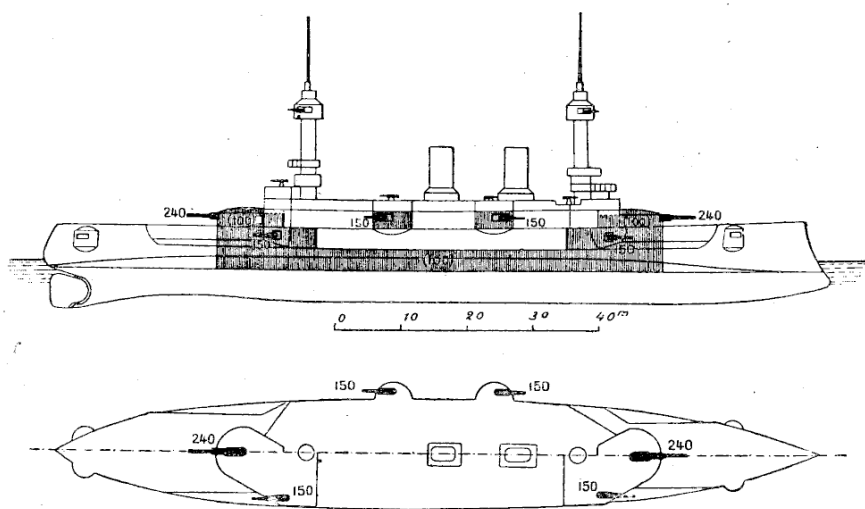


Fig. 63. — Croiseur *Maria Theresia*.

bord), sur le pont des gaillards, avec champ de tir de 135° et quatre sur le pont de la batterie, en casemates, avec champ de tir de 120°;

18 canons à tir rapide de 47 millimètres;

2 canons à tir rapide de 37 millimètres et 2 mitrailleuses.

4 tubes lance-torpilles au-dessus de l'eau.

L'équipage est de 450 hommes.

KAISER KARL VI

Construit à San Rocco, près de Trieste, dans les chantiers du *Stabilimento Tecnico Triestino*. Lancé le 4 octobre 1898. Considéré comme devant réunir aux qualités caractéristiques d'un croiseur une puissance militaire à peu près équivalente à celle d'un cuirassé.

Les dimensions sont :

Longueur totale	118 ^m ,92
— entre perpendiculaires . .	112 mètres.
Largeur	17 ^m ,20
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,20
Déplacement	6 400 tonnes.

Coque en acier avec double fond au-dessous des machines, chaufferies et

soutes à charbon. Compartiments étanches. Deux mâts militaires, deux cheminées entre les mâts.

Protection. — Ceinture d'acier au nickel, de 230 millimètres d'épaisseur maximum, régnant sur les trois cinquièmes de la longueur du navire depuis 1^m,30 au-dessous de l'eau jusqu'à 1^m,60 au-dessus, fermée à l'avant et à l'arrière par des traverses de 200 millimètres.

Pont blindé courbe de 38 millimètres d'épaisseur au milieu et de 54 en abord; ce pont règne sur toute la longueur du navire.

Au-dessus de la ceinture, quatre redoutes, blindées à 80 millimètres, une à l'avant, un à l'arrière et deux au milieu de chaque bord. A l'avant et à l'arrière, au-dessus de chaque redoute, se trouve une tourelle fermée, blindée à 230 millimètres ainsi que le blockhaus.

Machines et chaudières. — Deux machines, d'une puissance totale de 12000 chevaux et devant donner une vitesse de 20 nœuds. Chaudières Belleville.

L'approvisionnement de charbon est de 790 tonnes.

Armement. — L'artillerie comprend :

2 canons de 240 (35 calibres), un dans chaque tourelle, avec champ de tir de 120°;

8 canons de 150 à tir rapide, en casemate, avec champ de tir de 120°;

18 canons de 47 millimètres à tir rapide.

Il y a 2 tubes lance-torpilles.

450 hommes d'équipage(?).

GARDES-COTES

MONARCH (FIG. 64)

Gardes-côtes construits sur les plans de M. Popper, ingénieur en chef de la marine.

Lancés :

Le *Wien* en avril 1895, à Trieste;

Le *Monarch* en mai 1895, à Pola; (fig. 63).

Le *Budapest* en avril 1896, à Trieste, après être restés environ 21 mois sur cale.

Dimensions. — Les dimensions sont les suivantes :

Longueur hors tout.	97 ^m ,30
— entre perpendiculaires	93 mètres.
Largeur.	17 —
Tirant d'eau.	6 ^m ,40
Déplacement	5 550 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond sur les deux tiers de la longueur; compartiments étanches; les douze cloisons étanches principales se continuent au-dessus du pont blindé jusqu'au pont des gaillards. Éperon.

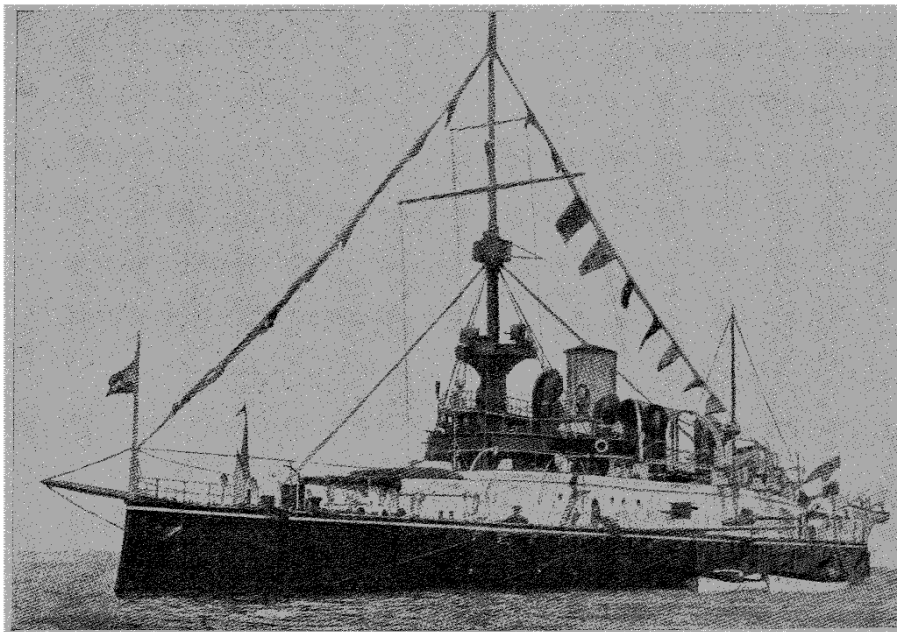


Fig. 63. — Garde-côtes *Wien*.

Une cheminée et un mât militaire vers l'avant. (Le *Budapest* a deux cheminées.)

Les poids sont les suivants :

Coque, avec accessoires et aménagements . . .	2 130 tonnes.
Cuirasse	1 150 —
Appareils moteur et évaporateur	830 —
Artillerie	610 —
Armement, chaînes, ancres, etc.	530 —
Équipage et moitié des vivres	80 —
Charbon au tirant d'eau normal	200 —
	5 530 tonnes.

Protection. — Ceinture en acier au nickel sur matelas de teck; cette ceinture règne à partir de l'avant jusqu'en arrière de la tourelle arrière; elle a 2^m,10 de hauteur dont 1^m,20 au-dessous de la flottaison; son épaisseur, de 270 millimètres au centre, va en diminuant jusqu'à 120 millimètres à l'extrémité avant;

à l'arrière, elle s'amincit jusqu'à 250 seulement et une traverse de 200 millimètres réunit les deux extrémités.

Deux tourelles barbottes dans l'axe à l'avant et à l'arrière, blindées à 270 millimètres en acier ou nickel.

Au-dessus de la ceinture, au milieu du navire, sur les 2/3 environ de sa lon-

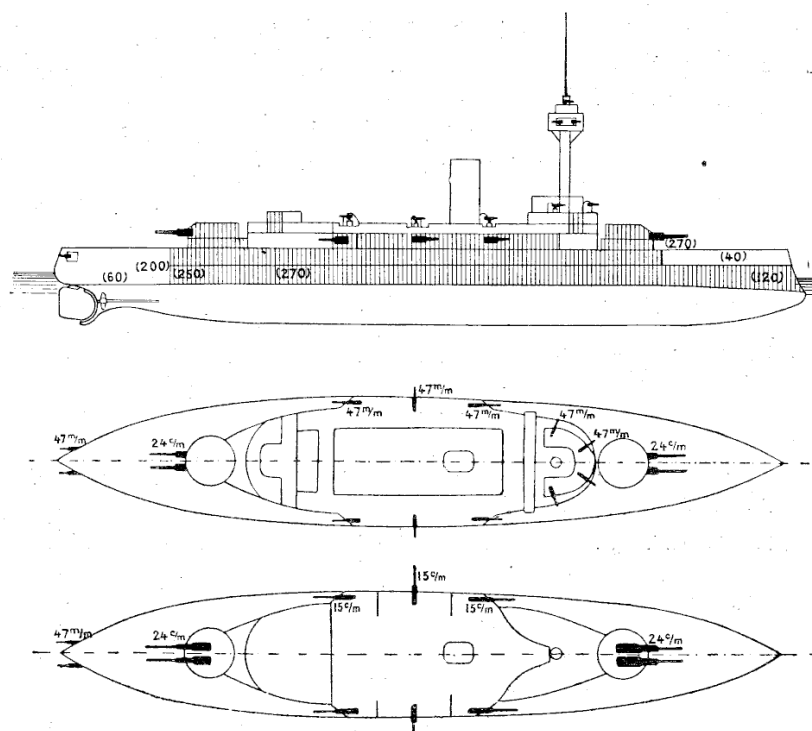


Fig. 64. — Garde-côtes *Monarch*.

gueur, blindage de 60 millimètres sur la hauteur d'un entrepont et à l'étage supérieurs, batterie blindée à 180 millimètres.

Pont blindé à 40 millimètres, sous-marin, au niveau du can supérieur de la ceinture; sur toute la partie arrière dépourvue de ceinture, le pont à 60 millimètres et se trouve au niveau du can inférieur de la ceinture.

Deux blockhaus, l'un à l'avant, protégé à 200 millimètres, l'autre à l'arrière, plus petit, protégé à 60.

Machines. — Deux machines à triple expansion, disposées symétriquement par rapport à la cloison longitudinale centrale. Les diamètres des cylindres sont 0^m,85, 1^m,30 et 2 mètres; la course des pistons est de 0^m,90.

Sur le *Monarch* et le *Wien*, il y a 5 chaudières cylindriques dont 3 à foyers adossés de 4^m,19 de diamètre et 5^m,68 de largeur et deux à façade unique, de 2^m,69 de largeur. La surface de grille totale est de 52^{m²},80, la surface de chauffe de 1 469 mètres carrés, la pression de régime est de 11 kilogrammes.

La hauteur de la cheminée au-dessus des grilles est de 19 mètres.

Le *Budapest* a des chaudières Belleville de 66^{m²},90 de surface de grille et 2 090 mètres carrés de surface de chauffe, timbrées à 17 kilogrammes.

Les soutes peuvent contenir 500 tonnes de charbon bien que l'approvisionnement normal soit de 200 tonnes seulement.

Les essais pratiqués en 1897 ont donné les résultats suivants :

1^o Essais de 6 heures à 6 000 chevaux.

	Wien.	Monarch.	Budapest.
Nombre de tours	121,7	119,6	124
Pression en kilogr. { aux chaudières	9,71	9,15	16,19
{ aux machines	9,29	8,52	9,08
Vide (en centimètres).	67,1	68,6	70,09
Nombre de ventilateurs employés	8	8	0
Pression d'air (en millimètres).	16	15,2	0
Puissance en chevaux.	6 376	6 110	6 608
Vitesse (nœuds).	16,7	16,2	17,1

2^o Essais de 4 heures à toute puissance.

	Wien	Monarch.	Budapest.
Nombre de tours	131,2	135,76	135,6
Pression en kilogr. { aux chaudières	10,49	10,2	14
{ aux machines	9,99	9,22	10,49
Vide (en centimètres).	64,8	64,8	67
Nombre de ventilateurs employés	8	8	4
Pression d'air (en millimètres).	44,4	44,4	5,1
Puissance en chevaux.	8 480	8 900	9 185
Vitesse (en nœuds).	17,49	17,35	17,87

Artillerie. — L'artillerie comprend :

4 canons de 240 (35 calibres), placés par paires dans les deux tourelles barbettes. Ces pièces sont protégées par des masques en acier de 50 millimètres; manœuvre électrique;

6 canons de 150 à tir rapide, placés dans le réduit central sur le pont des gaillards et séparés les uns des autres par des pare-éclats. Deux de ces pièces peuvent tirer en chasse et deux autres en retraite;

12 canons de 47 à tir rapide, dont 6 au-dessus des canons de 150, 4 sur la passerelle inférieure et 2 à l'arrière sous le pont des gaillards;

2 canons de 37 à tir rapide dans les hunes inférieures;

2 mitrailleuses Maxim dans les hunes supérieures;

2 tubes lance-torpilles.

Les renseignements font défaut sur l'importance de l'équipage.

CROISEURS PROTÉGÉS

KAISER FRANZ-JOSEPH (FIG. 63)

Le *Franz-Joseph*, construit à Trieste, a été lancé le 18 mai 1889; il a fait ses essais la même année et a été armé en 1870. La *Kaiserin Elisabeth*, navire similaire, a été construit à Pola et lancé le 27 septembre 1890.

Longueur hors tout.	103 ^m ,70
— entre perpendiculaires . .	97 ^m ,90
Largeur.	14 ^m ,80
Tirant d'eau moyen	5 ^m ,60
Déplacement	4 000 tonnes.

Coque en acier avec double fond et cofferdam; Éperon; 22 cloisons étanches et 100 compartiments; deux mâts militaires; deux cheminées entre les mâts sur l'axe.

Protection. — Pont blindé à section trapézoïdale, régnant sur toute la longueur; la partie horizontale située à 0^m,50 au-dessus de la flottaison a 57 millimètres, les parties inclinées, qui descendent à 1^m,25 au-dessous de la flottaison, sont blindées à 90 millimètres; le pont s'abaisse au-dessous de la flottaison aux deux extrémités.

Deux tourelles barbettes en forme de poire dans l'axe, une à l'avant, l'autre à l'arrière, blindées à 90 millimètres. Les monte-charges sont blindés à 90 millimètres; une carapace de 40 millimètres abrite les servants.

Blockhaus à l'arrière du canon de 240 de l'avant, blindé à 75 millimètres.

Machines. — Deux machines horizontales à triple expansion, situées l'une derrière l'autre. Les diamètres des cylindres sont 0^m,90, 1^m,31 et 2 mètres, course commune 1^m,05. Deux hélices en bronze de 4^m,42 de diamètre et 6^m,30 de pas.

Quatre chaudières doubles avec six foyers chacune, de 4^m,40 de largeur et 5^m,60 de longueur, réparties en deux groupes. Surface de grille de 50^m²,60, surface de chauffe 1 486 mètres carrés, timbre à 10 kilogrammes. Une chaudière cylindrique auxiliaire fournit la vapeur pour l'éclairage électrique, les pompes, les ventilateurs, etc.

La puissance, au tirage naturel, est de 6 400 chevaux, avec une vitesse correspondante de 17ⁿ,85 (105 tours); la puissance au tirage forcé est de 9 800 chevaux avec une vitesse de 19 nœuds (120 tours). Aux essais, la *Kaiserin Elisabeth* a donné 19 nœuds.

L'approvisionnement de charbon est de 660 tonnes.

Artillerie. — L'artillerie comprend :

2 canons Krupp de 240 (35 calibres), un dans chaque tourelle d'avant et d'arrière, avec champ de tir de 260°;

6 canons Krupp de 150 (35 calibres), répartis ainsi qu'il suit :

2 en encorbellement sur le pont des gaillards (un de chaque bord), vers le milieu du bâtiment, sans protection, sauf une tôle circulaire de 254 millimètres du côté intérieur; champ de tir de 180°;

2 dans la batterie, en encorbellement à l'avant, un de chaque bord, avec

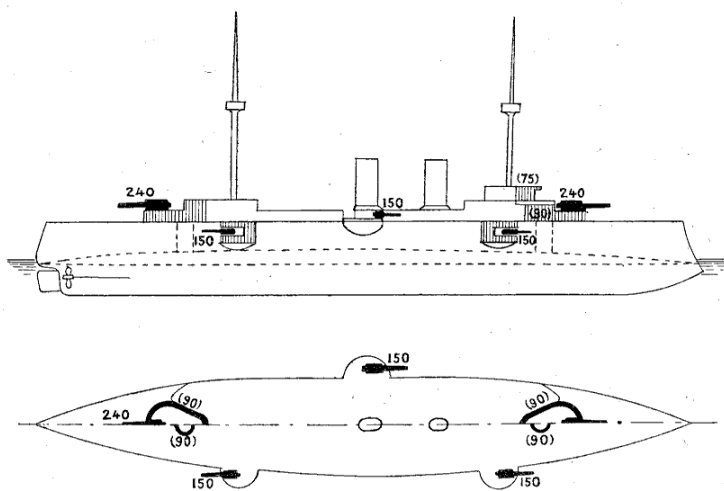


Fig. 65. — Croiseur *Kaiser Franz-Joseph*.

masques de 40 millimètres et tôle de 40 autour de l'encorbellement; champ de tir de 135° de la chasse extrême à 45° en arrière du travers;

2 installés dans des conditions analogues à l'arrière de la batterie;

11 canons à tir rapide de 47 millimètres;

2 canons à tir rapide de 37 millimètres.

4 tubes lance-torpilles (6 sur la *Kaiserin Elisabeth*), tous au-dessus de l'eau.

367 hommes d'équipage.

CROISEUR TORPILLEUR

ZENTA (FIG. 66)

Lancé à Pola le 10 avril 1897; le *Jaguar*, du même type, a été lancé aussi en 1897. *Panther*, lancé à Elswick en 1885, *Leopard* (Elswick, 1886), sont également du même type, mais ont un tonnage de 1 530 tonnes seulement et une artillerie réduite. *Tiger* lancé à Trieste en 1887, appartient également à la même classe et constitue un type intermédiaire.

Les dimensions pour le *Zenta* et le *Tiger* sont :

	<i>Zenta</i> .	<i>Tiger</i> .
Longueur entre perpendiculaires . . .	92 mètres	71 mètres.
Largeur	11 ^m ,70	10 —
Tirant d'eau moyen	4 ^m ,25	4 ^m ,70
Déplacement.	2 326 tonnes	1 675 tonnes.

Coque en acier Martin Siemens avec deux quilles latérales de 0^m,55 de hauteur. Compartimentage très développé. Deux cheminées dans l'axe au centre; deux mâts avec 586 mètres carrés de voilure.

Protection. — Pont en dos de tortue blindé en acier à 50 millimètres,

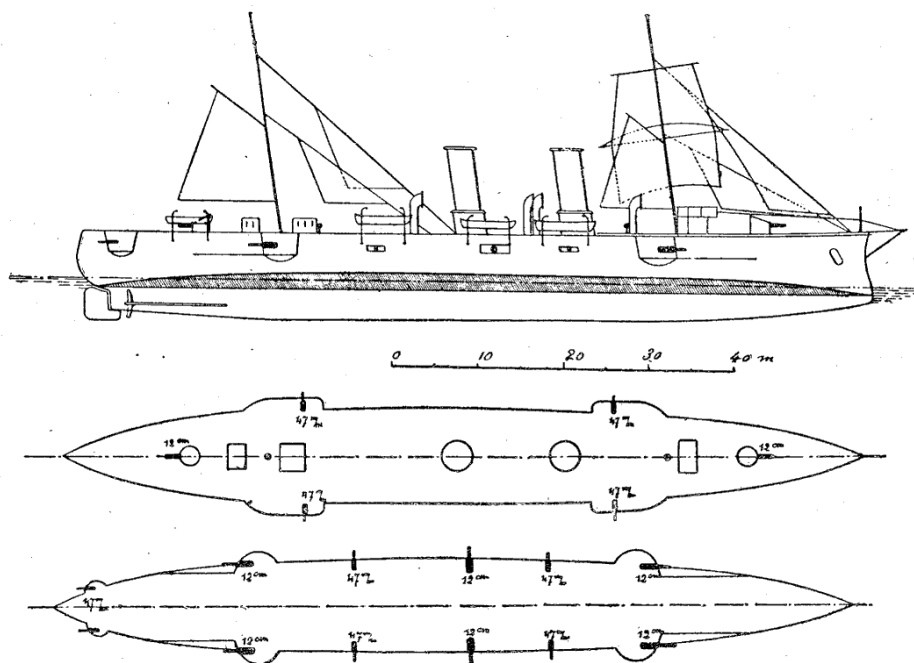


Fig. 66. — Croiseur torpilleur *Zenta*.

régnant sur toute la longueur du navire à 0^m,30 au-dessus de la flottaison au milieu et s'abaissant aux extrémités au-dessous de la flottaison. Sur le *Tiger* le pont blindé a 38 millimètres au milieu et 76 en abord; il ne couvre que les machines et les chaudières, les cylindres dépassent ce pont blindé et sont protégés par deux dômes blindés à 50 millimètres.

Deux machines verticales à triple expansion et quatre cylindres, d'une puissance maximum de 7 000 chevaux. Deux hélices en bronze à trois ailes. Huit chaudières Yarrow en deux chaufferies; pression de régime 15 kilos.

Approvisionnement de charbon complet 470 tonnes. Vitesse 20ⁿ,89 au tirage forcé, 18ⁿ,5 au tirage naturel.

Le *Tiger* a également deux machines verticales à triple expansion, leur puissance est de 4 000 chevaux, il y a quatre chaudières à six foyers chacune. L'approvisionnement de charbon est de 300 tonnes et la vitesse maximum est de 18 nœuds.

Armement. — 8 canons de 120 à tir rapide, savoir : six sur le pont des gaillards, un à l'avant, deux en encorbellement tribord et bâbord à l'avant, deux de même en encorbellement à l'arrière, et deux en batterie an milieu;

12 canons de 47 millimètres à tir rapide;

2 mitrailleuses.

L'armement du *Léopard* et du *Panther* ne comporte que 2 canons de 120 et 10 mitrailleuses.

Sur le *Tiger* on trouve 4 canons de 120 en encorbellement, 2 en avant et 2 en arrière;

10 canons de 57 à tir rapide;

4 mitrailleuses.

Chacun de ces navires dispose de 4 tubes lance-torpilles aériens.

L'équipage est de 148 hommes pour *Léopard* et *Panther*, de 190 hommes pour *Tiger*; les renseignements à cet égard font défaut pour les deux nouveaux navires.

(A suivre.)

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

ÉLEVAGE DU CHEVAL DE DEMI-SANG ANGLO-NORMAND

IMPORTANCE DE L'INDUSTRIE CHEVALINE DANS LA PLAINE DE CAEN

Le cheval est l'objet d'un véritable culte dans la Plaine de Caen. A ses besoins tout est plié, de lui tout dépend : cultures, habitudes, richesse, renommée; par lui et pour lui, tout vit et s'agite. Il est intimement lié à la vie du pays, et les coutumes de celui-ci sont si bien en conformité avec les exigences de l'élevage, que l'on ne saurait difficilement les concevoir l'un sans l'autre.

De longue date, l'élevage du cheval a été en honneur dans la Plaine, et les chevaux caennais étaient autrefois célèbres par leur taille et leur corpulence athlétique, leur vigueur et leur énergie. Dans le courant de ce siècle, la production chevaline n'a fait que croître d'importance; actuellement, elle est au premier rang des occupations agricoles de cette région qui lui doit la plus grande partie de sa richesse. Tout y est d'ailleurs admirablement aménagé en vue de l'élevage du cheval, qui, nulle part en France, n'est entrepris avec une science plus parfaite; les éleveurs ont tout sacrifié au *demi-sang*, ils ont approprié en quelque sorte le sol aux besoins de l'animal : la campagne de Caen eut en effet jadis de belles prairies complantées de pommiers (2); des haies d'ormes, de chênes et de frênes ont surmonté, comme dans le pays d'Auge, les hauts talus appelés *fossés*; mais peu à peu les arbres ont disparu, les *fossés* ont été nivelés, les herbages ont été remplacés par des cultures alternes qui permettaient d'élever et de dresser les jeunes chevaux. On a fait de la culture la collaboratrice de l'élevage; il fallait à la fois donner aux poulains un travail facile, incapable de les blesser, et leur assurer en été la nourriture

(1) Voir les *Bulletins* de février, mars, avril, juin et septembre 1900.

(2) En 1631, Gabriel du Moulin, curé de Maneval, dans son « Discours de la Normandie », placé en tête de son *Histoire générale de Normandie*, nous représente les campagnes de Caen, de Falaise et d'Argentan, comme couvertes de bois et de pommiers, qui donnent des cidres en abondance. « Toutefois, ajoute-t-il, aux campagnes de Caen et à Caen mesme, le bois et le sidre sont bien chers. »

verte : l'ameublissement annuel du sol, pour la culture du colza et des céréales, et la culture du sainfoin, ont résolu le problème (Ardouin-Dumazet). Si l'on cultive ainsi la terre sous un climat, dont l'humidité suffit à donner d'excellents herbages, c'est à seule fin de pouvoir peu à peu, par les façons données au sol, accoutumer l'animal au travail.

Cette transformation dans la production végétale, cette adaptation du sol à l'élevage, qui a nécessité un effort considérable et continu, et qui a modifié la condition économique du pays, suffit à nous montrer la place considérable qu'occupe cette industrie agricole et ce que produirait dans la Plaine de Caen une crise chevaline persistante. Aussi insisterons-nous particulièrement sur cette question vitale, si intéressante sous plus d'un rapport.

Depuis l'époque reculée où, pour encourager l'élevage, les premiers ducs de Normandie établissaient des haras sur leurs domaines, les chevaux normands n'ont cessé, grâce à leurs précieuses qualités, de jouir d'une réputation universelle, et ce sont eux qui, encore aujourd'hui, détiennent une des premières places parmi les diverses races chevalines.

Mais les sujets actuels, depuis ces incomparables trotteurs qui disputent la palme aux meilleurs trotteurs russes et américains, jusqu'à ces chevaux de selle si résistants et si vigoureux dont notre cavalerie est composée, ne ressemblent guère aux chevaux normands de jadis. Nouveau Protée, le cheval normand a subi, au cours de ce siècle, une transformation remarquable, qui lui a permis de s'adapter aux différents besoins de la vie moderne et de pouvoir servir à plusieurs fins; le type de l'énorme carrossier, au chanfrein busqué, à col très arqué, à tête presque verticale, tel que nous le voyons représenté sur les tableaux de batailles de Lebrun et de Van der Meulen, est maintenant disparu; un animal nouveau, résultat du croisement de la race indigène avec la race dite de pur sang (arabe ou anglaise), lui a succédé. Ce fut surtout à partir de 1824 que l'on commença avec le cheval de pur sang et la jument normande ces croisements qui, sagement combinés, ont fini par donner cette brillante population chevaline que l'Europe nous envie; aujourd'hui, les chevaux élevés en Normandie ont tous plus ou moins de sang anglais et méritent ainsi le nom de chevaux de demi-sang ou anglo-normands sous lequel ils sont connus.

Mais la production des chevaux de demi-sang est fort compliquée et délicate; c'est un art véritable qui exige de la part des éleveurs une habileté extrême, un tact particulier, que seule peut donner une longue expérience. Aussi, les croisements avec le cheval anglais produisirent-ils au début un grand nombre de sujets *décousus*, présentant à la fois certains caractères des chevaux normands proprement dits et des chevaux anglais, et paraissant formés en quelque sorte de deux pièces mal soudées ensemble; ils avaient, en général, un beau corps,

un beau dessus, mais avec des membres hauts et grêles, des articulations minces, une tête tantôt à chanfrein busqué et front étroit, tantôt à chanfrein droit et front large, et il n'était pas rare de voir réunis sur le même animal le train antérieur de l'ancien normand avec le train postérieur de l'anglais, et inversement. En résumé, beaucoup de sujets manqués, ratés, pour quelques-uns de réussis.

Ce manque d'homogénéité a été souvent reproché à la population chevaline normande, et la question de savoir si l'étalon de demi-sang normand représentait un étalon absolument confirmé et pouvant servir de point de départ dans tous les pays à une race nettement déterminée et établie, a été discutée bien des fois et diversement résolue. Si les anglo-normands actuels ne présentent pas encore un type parfaitement uniforme, il faut reconnaître qu'ils tendent de plus en plus à s'en rapprocher. Les éleveurs ont appris, en effet, à combiner dans de justes mesures le sang anglais avec celui de la race primitive, et ils obtiennent couramment des types bien réussis chez lesquels les détails de la conformation des ascendants se sont, pour ainsi dire, fondus pour former un tout harmonieux; les chanfreins busqués deviennent de plus en plus rares, la tête perd de son volume et devient moyenne, le garrot est bien sorti, la côte moyennement ronde, la croupe bien dirigée, les membres ont été améliorés; les anglo-normands sont pour la plupart de beaux animaux, bien faits, vigoureux, énergiques et possédant une bonne dose de sang; les éleveurs s'appliquent, par l'alliance de femelles d'élite et d'étalons fortement charpentés, à accroître les allures vives et brillantes ainsi que la distinction de cette race, sans nuire à sa taille, à l'ampleur de son corps, à la force et à la solidité de ses membres.

L'uniformité de structure que l'on rencontre dans la généralité des chevaux actuels permet donc d'affirmer que les éleveurs normands sont bien près d'avoir fixé le type du demi-sang. Les étalons trotteurs, qui constituent l'élite de la nouvelle famille, présentent notamment de sérieuses garanties pour la reproduction; ils descendent en ligne directe de trotteurs confirmés et très près du sang et le défaut d'homogénéité est très peu sensible parmi eux. Ce n'est qu'à mesure que l'on s'éloigne des chevaux de tête pour se rapprocher des chevaux communs que l'on trouve moins facilement des sujets de conformation harmonieuse.

Ces réserves faites, il faut reconnaître les progrès énormes accomplis depuis une trentaine d'années dans la production du cheval de demi-sang en Normandie. Les éleveurs de cette contrée ont devancé tous leurs rivaux étrangers dans cette voie et y ont acquis une supériorité incontestable et incontestée; c'est en Normandie que l'on vient chercher de tous les points de l'Europe et même d'Amérique les étalons destinés à la reproduction; c'est aussi de là que proviennent les superbes chevaux de luxe qui forment les plus brillants attelages qui existent; c'est là enfin que la remonte de la cavalerie trouve le plus grand nombre des chevaux dont elle a besoin. Le cheval normand actuel est en effet celui chez

lequel on trouve tout à la fois les qualités exigées par le luxe et les nécessités de la guerre; c'est le type du *cheval à deux fins*, apte à servir pour le commerce aussi bien que pour l'armée; tout en étant un cheval d'attelage et un animal décoratif, il possède de grandes qualités d'endurance et de résistance et porte facilement un cavalier avec son paquetage. L'ancien cheval normand était trop lourd, trop lymphatique et convenait mal pour faire un cheval d'armes; l'infusion d'un sang pur lui a donné la distinction et l'énergie qui lui faisaient défaut, et le demi-sang actuel, malgré les critiques dont il a pu être l'objet, est un excellent cheval d'armes, qui présente les conditions de force, d'endurance et de rapidité nécessaires.

Le mérite de cette sorte de régénération de la race normande revient pour la plus grande part aux éleveurs, aidés en cela par l'administration des Haras et la Société d'encouragement à l'élevage du demi-sang; grâce à une sélection judicieuse, au bon choix des reproducteurs, à une amélioration progressive de la nourriture, de l'éducation et de l'hygiène des chevaux, ils sont arrivés graduellement et méthodiquement à transformer l'ancienne race normande en une race nouvelle, unissant à l'étoffe et au volume cette excitabilité du système nerveux que l'on nomme le *sang*, et à laquelle un élevage bien compris a donné une puissance d'actions et d'allures incomparable.

Mais avant d'avoir acquis cette supériorité que personne ne lui conteste aujourd'hui, l'élevage normand a subi bien des vicissitudes, et afin de bien faire comprendre l'importance des modifications apportées dans la production chevaline et de rendre plus claire la situation actuelle, nous allons nous reporter en arrière et jeter un coup d'œil sur l'élevage normand il y a soixante ans.

SITUATION DE L'INDUSTRIE CHEVALINE DANS LA PREMIÈRE MOITIÉ DU SIÈCLE

Le type du cheval que l'on produisait il y a un siècle en Normandie, quoique complètement disparu aujourd'hui, peut être reconstitué, grâce aux descriptions détaillées que nous en ont laissées les anciens hippologues. Les traits caractéristiques de cet animal étaient l'ampleur prodigieuse des formes et la lourdeur de l'ensemble; avec ses proportions massives et disgracieuses, sa tête affreusement busquée, son encolure courte et épaisse, son garrot noyé dans des épaules grasseuses et difformes, ses reins trop longs et ses canons relativement minces, l'ancien cheval normand était loin de réaliser notre idéal en ce qui concerne la perfection des formes chevalines.

Et cependant, un tel animal était fort recherché au siècle dernier. C'est qu'il était alors en parfaite conformité avec le milieu dans lequel il devait être utilisé; les chemins de notre vieille France étaient à peu près impraticables, seules les voitures d'un poids énorme pouvaient s'y engager et le pas était la seule allure

possible. Aussi, plus le cheval avait d'ampleur et de pesanteur, plus il était apprécié; les éleveurs s'appliquaient uniquement à produire les chevaux les plus gros et les plus lourds qu'il leur était possible; on ne leur demandait pas autre chose.

Mais avec le temps, l'état économique subit, comme l'état social, de profondes modifications; des routes magnifiques furent créées, les voitures devinrent de plus en plus légères, la vitesse des transports augmenta, et les chevaux anglais et allemands, aux rapides allures, vinrent disputer le marché aux chevaux normands et l'emporter sur eux. Seul l'éleveur normand n'avait pas progressé; il n'avait rien fait pour satisfaire aux exigences d'une société nouvelle, et ses chevaux, que nul dressage ne préparait à la vente, ne trouvaient plus acquéreurs. Faute d'éducation et de soins bien compris, cette belle race normande, si pleine de qualités, s'amollissait peu à peu, dégénérait et, par la négligence des éleveurs, perdait chaque jour de son ancienne réputation.

Voici quelle était, en effet, la manière dont on produisait et élevait encore vers 1840 les chevaux normands :

L'herbager du Cotentin qui, comme à présent, faisait naître, ne cherchait pas pour une jument de valeur un cheval de sang ou même de demi-sang afin d'obtenir un poulain distingué et vigoureux. Il cherchait le plus grand, le plus gros et le plus lourd cheval; les allures, la race, le sang ne le préoccupaient guère. « Il ne voulait, dit M. Houël, qu'une chose : du gros, de grosses fesses, un beau bout de devant, de grosses jambes. »

Une fois né, le poulain tétait sa mère; puis on lui faisait paître l'herbe abondante des prairies humides, afin de lui donner le plus d'embonpoint possible. Quelques rares éleveurs donnaient aux juments et aux poulains des rations de fourrage dans les hivers rigoureux; les sujets d'élite promettant de devenir des étalons étaient nourris avec plus de soin, mais on se gardait bien de leur distribuer de l'avoine.

Les poulains, parvenus à l'âge de six mois, étaient conduits aux foires de Bayeux, d'Argences, etc. L'éleveur de la Plaine de Caen était là; il achetait le gros poulain, le nourrissait du fourrage des prairies artificielles pendant l'été, de sainfoin sec, de paille, et parfois d'une petite quantité de son à toute autre époque; toujours pas d'avoine. Les chevaux, ainsi alimentés peu substantiellement, étaient tous employés, dès l'âge de deux ans, aux labours, charrois et autres travaux de culture; mais le travail qui leur était imposé leur faisait plus de mal que de bien, car les cultivateurs exigeaient trop souvent de leurs jeunes poulains des efforts hors de proportion avec leur âge; il en résultait des malformations des membres et des tares nombreuses. Ce travail était aussi un mauvais moyen de dressage, et disposait mal les chevaux au service du luxe; on les attelait en effet en file à des charrettes à deux roues, ce qui leur laissait

toute liberté pour se livrer à la fougue et à l'ardeur de leur jeune âge. Seuls les chevaux un peu distingués ne faisaient rien du tout, ce qui était encore pernicieux, un travail modéré étant de toute nécessité pour le cheval. De dressage proprement dit, il n'était pas question.

Arrivé à l'âge de trois ans et demi, c'est-à-dire vers la Noël, lorsque les travaux de l'automne étaient terminés, les jeunes chevaux rentraient à l'écurie, et l'on commençait leur préparation pour la vente. C'était la coutume de soumettre alors les chevaux à un véritable engraissement avant de les livrer au commerce; ceux qui n'étaient pas suffisamment gras subissaient une dépréciation sur le marché.

Placés dans des écuries chaudes, sombres, peu aérées, enveloppés de larges couvertures et privés de tout exercice, ils restaient ainsi pendant quatre-vingt-dix ou cent jours, temps jugé nécessaire pour leur procurer un embonpoint souvent excessif et leur donner un poil brillant.

Pendant les quinze ou vingt premiers jours de ce régime, les chevaux n'étaient pas nourris très abondamment; on attendait qu'ils fussent reposés avant d'accroître leur ration; mais bientôt leur alimentation devenait excessive: les substances les plus nourrissantes étaient distribuées à profusion le jour et la nuit; l'orge, l'avoine, les fèves, les pois, les pommes de terre, le blé bouilli, la farine d'orge, les carottes, etc., constituaient, suivant les fermes, la ration des animaux; le sainfoin garnissait toujours les râteliers.

Lorsque leurs chevaux commençaient à prendre trop de volume, les cultivateurs avaient l'habitude de les saigner, afin, disaient-ils, de prévenir les effets de la pléthore et de faciliter l'engraissement.

Il est inutile d'insister sur les conséquences funestes qui devaient résulter de ce système d'élevage, qui consistait essentiellement à faire passer les jeunes chevaux d'une nourriture à peine suffisante à une nourriture excessive et d'un travail souvent exagéré à un repos presque absolu. Les chevaux soumis à un tel régime ne tardaient pas à acquérir un état de grosseur extrême; mais les organes digestifs, fatigués par cette alimentation échauffante et contre nature, devenaient bientôt le siège d'une inflammation locale qui s'aggravait fréquemment au point de devenir très dangereuse.

A l'époque des foires, pour répondre aux désirs des fermiers qui recherchaient de préférence les poulains promettant de faire des chevaux de poste ou d'attelage, ou au moins de grosse cavalerie, on amenait de véritables monstres aux formes empâtées, aux allures molles, qui ne savaient que hennir et donner des coups de pied. Aussi, naguère, dans les réunions de chevaux en Normandie, n'entendait-on que hennissements, que coups de fouet répondant aux coups de pied; les hommes y étaient eux-mêmes autant exposés que les chevaux. Si le cheval normand passait à juste titre pour être *cabochard*, selon l'expression vul-

gaire, c'est-à-dire têtu et peu facile à gouverner, cela tenait à ce qu'on le livrait au commerce à peine *débourré* et n'ayant subi qu'un commencement de dressage insignifiant; le repos dans lequel il restait trop longtemps confiné avant l'époque de la vente le préparait mal à obéir et lui donnait des tendances à la révolte, d'autant plus que le marchand normand ne paraissait dans les écuries que pour distribuer force coups de fouet sans rime ni raison.

Mais ce n'était rien encore. Ce cheval était entier; il fallait, dans son état d'obésité, lui faire subir une opération dangereuse, à laquelle il succombait souvent. Cette castration tardive ne produisait pas d'ailleurs de bien grandes modifications dans la constitution physique du sujet; elle ne permettait jamais à l'animal de présenter le brillant, la légèreté, la souplesse de celui qui a été castré beaucoup plus tôt.

On comprend dès lors pourquoi l'amateur qui désirait un cheval pour sa voiture, ou le marchand qui cherchait un cheval dont il pût se défaire de suite, ne prenaient pas cet animal à l'aspect en quelque sorte éléphantique, auquel on ne savait quel nom donner, qui allait être un an malade ou en apprentissage, et n'aurait jamais les allures vives et l'encolure légère d'un cheval castré à dix-huit mois.

La race, dans de semblables conditions, ne faisait qu'un progrès lent et insuffisant, dû seulement aux chevaux de sang qui la retrempaient de temps à autre. Les bons chevaux normands devenaient introuvables, et il ne faut pas s'étonner si les grandes foires du Calvados, celles de Caen, Guibray et Bayeux avaient fini par perdre presque totalement leur clientèle de gros marchands de Paris, qui y achetaient auparavant bon nombre de carrossiers. Par contre, les chevaux anglais et allemands étaient fort à la mode et venaient, jusque sur nos marchés, établir contre les produits normands une concurrence menaçante; ceux du Mecklembourg, notamment, étaient très appréciés pour leur douceur, leur souplesse et le dressage parfait auquel leurs éleveurs les soumettaient. Les marchands préféraient d'autant mieux ces chevaux prêts à entrer en service, que le goût de l'équitation disparaissait peu à peu, à mesure que les moyens de locomotion devenaient plus nombreux, et qu'ils trouvaient difficilement des cavaliers pour *débourrer* les chevaux qu'ils recevaient de Normandie.

Nous étions donc, sous ce rapport, dans un état d'infériorité regrettable vis-à-vis de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Hollande, qui disposaient d'excellents moyens de dressage.

En dehors de la production des sujets de gros trait, l'élevage du cheval normand se trouvait jusque vers 1840 dans un état de souffrance et de décroissance déplorable, et on y renonçait de plus en plus.

ENTREPRISES FAITES EN VUE DE L'AMÉLIORATION DU CHEVAL NORMAND

Cet état de choses, déplorable sous tous les rapports, serait allé en s'accroissant encore si des hommes intelligents, de grande valeur en matière chevaline, n'avaient réuni leurs efforts pour réagir contre le laisser aller des éleveurs et rendre aux chevaux normands leur ancienne renommée.

Les difficultés à vaincre étaient grandes. Il fallait réformer complètement les défectueuses méthodes d'élevage que l'on s'obstinait à suivre et faire comprendre aux éleveurs l'utilité de donner à leurs chevaux un dressage approprié aux besoins nouveaux du commerce. Pour atteindre ce but, pour arriver à créer en Normandie le cheval de service propre à être monté ou attelé, comme on le rencontrait en Allemagne, en Angleterre et même en Russie, l'établissement de courses au trot parut le moyen le plus efficace.

Ces courses devaient, dans l'esprit de leurs initiateurs :

1° perfectionner la race chevaline normande, en améliorant le mode d'éducation ;

2° réhabiliter la réputation des chevaux normands et faciliter leur écoulement ;

3° inspirer le goût du cheval et former en Normandie un plus grand nombre d'hommes de cheval.

On espérait, par ce mode d'épreuve, imposer à l'éleveur la nécessité d'améliorer son élevage par un exercice raisonné et une bonne alimentation, et l'on pensait, en établissant des courses au trot, principalement à l'époque des foires importantes, signaler ainsi à l'attention des connaisseurs les chevaux qui feraient preuve, dans ces luttes, de vigueur, d'endurance et de docilité. On cherchait donc, à l'origine de l'institution des courses au trot, non pas à développer la vitesse chez le cheval de demi-sang, mais uniquement à le dresser en vue de la présentation aux haras, aux remotes et aux marchands.

Des courses au trot avaient déjà eu lieu en France à Saint-Brieuc, en 1807 ; à Strasbourg et à Aurillac, en 1820 ; à Nancy, en 1828 ; mais ce n'étaient là que des tentatives isolées, premiers pas incertains de cette institution qui devait être plus tard si féconde en résultats. Ce fut seulement en 1833 que la proposition de créer des courses au trot fut soumise aux sociétés d'agriculture et aux conseils généraux de la Normandie. M. Houël, inspecteur des haras, l'un des hommes qui ont le plus contribué à l'amélioration de l'élevage normand, fut le premier promoteur de ce genre d'épreuves ; il chercha par tous les moyens possibles à organiser quelques réunions de courses au trot ; mais il ne recueillait que des sourires ironiques et des haussements d'épaules, comme devant la commission où l'avait fait appeler le ministre et dont l'un des membres lui dit :

« Jamais vous ne réussirez à faire trotter deux chevaux ensemble sans qu'au bout de vingt pas il y en ait un qui prenne le galop. » Cependant, la Société normande discuta et développa le plan des courses au trot dans ses séances et ses concours; la Société vétérinaire de Normandie, consultée, émit des avis favorables; l'administration des haras appuya les propositions. Mais les obstacles que l'on rencontrait pour établir ces courses là où il n'y en avait jamais existé étaient difficiles à surmonter, et les choses n'avançaient guère.

Enfin, à Cherbourg se créa une société de trotteurs, non pas dans un but d'amélioration de la race chevaline normande, mais dans celui, plus lucratif, d'attirer la curiosité des Anglais par l'attrait d'un spectacle nouveau pour eux; les premières courses eurent lieu en 1836 sur la plage, entre la terrasse des bains et la redoute de Tourlaville. Ces courses, instituées dans un but de commerce et de plaisir, devaient avoir une influence incontestable sur l'amélioration des chevaux normands.

Les courses au trot ne devaient pas tarder, en effet, à s'organiser sérieusement, surtout à Caen. « Si les courses au trot ne devaient avoir de bons résultats que dans une seule province, écrivait M. Houël, ce serait la Normandie qu'il faudrait mettre en première ligne, et si dans cette partie de la France il ne pouvait y avoir qu'un hippodrome pour ce genre d'épreuves, ce serait Caen qu'il faudrait choisir. » Cette ville, placée au centre d'une plaine riche et fertile, où l'élevage du cheval n'a jamais cessé d'être au premier rang des occupations agricoles, était tout indiquée pour devenir le point central des courses au trot.

La Société d'agriculture de Caen s'occupa activement de la création d'un hippodrome et déploya le plus grand zèle pour vaincre toutes les difficultés; les courses eurent lieu à Caen pour la première fois en 1837; cette première tentative fut décisive, son succès fut complet. Les courses réunissaient trois genres d'épreuves : courses de chevaux attelés pour les carrossiers; courses de chevaux montés au trot pour les chevaux de selle et de carrosse; courses de vitesse pour les pur-sang.

Différentes sociétés se formèrent peu à peu en Normandie et des courses eurent lieu successivement à Saint-Lô en 1838; à Alençon en 1839; à Avranches en 1840; à Rouen en 1843. Les principaux propriétaires de trotteurs étaient alors MM. Alexandre Aumont, le duc de Vicence, de Basly, Bastard, Marion, le duc de Narbonne et Forcinal.

L'administration des haras encouragea progressivement l'institution par des prix attribués aux différentes catégories d'animaux. Les éleveurs, tentés par l'appât de beaux prix, excités par l'émulation, commencèrent à dresser leurs chevaux. Mais les progrès furent longs à se faire sentir; c'est que, dans le début, ces courses ne furent destinées spécialement qu'aux chevaux de service; les chevaux réservés à la reproduction n'étaient pas soumis à ces épreuves et on n'y

voyait guère figurer que des juments et des chevaux hongres. Cependant, à partir de 1843, l'Administration augmenta l'importance de ses achats d'étalons et dépensa environ 300 000 francs pour la remonte de ses dépôts, au lieu de 50 000, comme en 1837. Pour résumer cette période de début, nous dirons qu'en 1847 les prix de courses au trot formaient une somme de 44 000 francs, dont 30 000 pour chevaux montés et 14 000 pour chevaux attelés.

En 1848, l'administration des haras prit une mesure fort importante : elle décida, par un règlement relatif aux remontes, qu'« aucun étalon ne serait acheté par les haras s'il n'avait été éprouvé en concours public », soit dans les courses générales, soit dans les luttes particulières réservées à cet effet. L'année suivante, il fut décidé que les courses d'essai auraient lieu exclusivement au trot, les chevaux étant montés ou attelés. Grâce à cette adoption des courses au trot comme critérium des qualités et de l'aptitude de l'étalon de demi-sang, d'immenses progrès purent être accomplis et les Haras ne manquèrent plus désormais d'excellents étalons.

Les éleveurs, malgré le surcroît de dépenses et de soins que leur occasionnait l'application de cette nouvelle mesure, comprirent l'indispensable utilité des courses d'essai. L'augmentation des courses au trot fut réclamée ; mais il y avait à lutter contre les partisans exclusifs du pur-sang et des courses au galop qui prétendaient pour eux à la part du lion, et, en 1850, les prix s'élevaient seulement à la somme de 92 000 francs, dont 68 000 pour chevaux montés et 24 000 pour chevaux attelés.

En 1852, les partisans du pur-sang triomphèrent momentanément et réussirent à faire supprimer, sans raison aucune, les prix donnés par les Haras aux courses au trot de chevaux de service, ainsi que les épreuves d'essai pour étalons. Cette suppression malencontreuse allait rendre stériles les progrès accomplis jusque-là à grand-peine et substituer de nouveau à l'épreuve des qualités solides l'examen superficiel de la forme. Mais le terrain gagné dans les années précédentes ne fut pas entièrement perdu. L'utilité des courses d'essai avait été reconnue d'une évidence telle que les sociétés et les départements les soutinrent de leurs propres deniers dans les principaux centres de production. Ainsi, en 1857, les départements consacraient une somme de 40 000 francs environ à l'encouragement des courses au trot.

Cette période de tâtonnements prit heureusement fin en 1860. Le général Fleury, nommé à cette époque à la direction des Haras, comprit l'importance de l'institution des courses au trot pour le dressage du cheval de service, du cheval de guerre et de l'étalon de demi-sang ; il s'empressa de rétablir les courses au trot pour les chevaux de service et les épreuves pour jeunes étalons, mais en les dégageant des formalités minutieuses des anciennes courses d'essai. En outre, pour faciliter le dressage et permettre au commerce de prendre

tout son essor, le général Fleury organisa avec soin des écoles de dressage.

L'institution de ces écoles avait pour but :

1° De faciliter le dressage de leurs chevaux aux éleveurs qui n'avaient pas chez eux l'outillage nécessaire pour le faire ;

2° De servir d'intermédiaire désintéressé entre le producteur et le consommateur dans la vente des chevaux confiés à ces établissements ;

3° L'éducation des hommes d'écurie, palefreniers, grooms, cochers et piqueurs ;

4° Enfin, de répandre et de développer le goût du cheval, en offrant aux élèves les facilités nécessaires pour faire de l'équitation.

Partout où ces écoles furent créées, elles démontrèrent, en peu d'années, par les résultats obtenus, l'utilité de leur création. Les chevaux des éleveurs, ayant acquis par le dressage leur véritable valeur, purent être vendus à des prix beaucoup plus rémunérateurs ; ces prix, dans certaines régions, arrivèrent au double et au triple même de leur chiffre antérieur. D'un autre côté, le consommateur trouvait, pour ses transactions, par l'intermédiaire des agents des écoles, une garantie qui compensait bien au delà la plus-value qu'atteignaient ainsi les chevaux dressés.

Le général Fleury chercha en outre à améliorer l'éducation professionnelle des hommes, ce qui était aussi un moyen d'améliorer les conditions de l'élevage et de l'emploi du cheval ; dès 1866, les écoles de dressage eurent qualité pour délivrer des brevets de capacité aux cochers, piqueurs et grooms reconnus, à la suite d'examens, habiles dans leur métier (1).

En 1864, date importante dans l'histoire du demi-sang normand, se fonda la *Société d'Encouragement pour l'amélioration du cheval français de demi-sang*. Elle devait sa naissance à la collaboration des principaux éleveurs de Normandie et établit naturellement son siège à Caen. Le Comité fondateur était composé de : MM. le marquis de Croix, président ; le marquis de Cornulier, le comte de Germiny, le comte d'Osseville, de Basly, Bastard, Brion, Desloges, le comte de

(1) Les écoles de dressage se divisaient alors en deux catégories. La première comprenait les écoles dont l'administration et le service relevaient directement de l'État ; c'étaient celles de Caen, Séez et Rochefort-sur-Mer. La deuxième catégorie comprenait les écoles privées, subventionnées par l'État ; dans cette catégorie, les établissements appartenaient soit à des départements ou à des communes, soit à des sociétés ou à des particuliers qui les administraient à leurs risques et périls.

Aujourd'hui, les écoles de dressage ne relèvent plus de l'État et elles ont cessé d'en recevoir toute subvention depuis 1882 ; elles sont subventionnées seulement par les départements et les villes ou laissées à la direction des particuliers. Les principales sont celles de Caen, de la Roche-sur-Yon, de Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure), du Dorat (Haute-Vienne), de Tarbes et de Limoges. Celle de Caen est l'une des plus remarquables, tant par sa situation au centre d'une région d'élevage considérable que par l'importance de ses constructions et de son mouvement d'affaires.

Montigny, Forcinal, Henri, de Saint-Germain. Cette société prit une extension considérable et n'a cessé, depuis lors, d'exercer une action prépondérante sur l'élevage du demi-sang; son principal objectif était les courses au trot sur tous les hippodromes de province et le but qu'elle se propose est d'encourager la reproduction des chevaux de demi-sang, afin de donner au commerce d'excellents sujets de service et à l'armée de bons chevaux de guerre. Les prix les plus importants que fait courir actuellement cette société sont le prix du Ministère de l'Agriculture qui se donne à Vincennes, et le Saint-Léger du trot qui se court à Caen. A Paris, elle possède deux hippodromes, celui de Vincennes (1) dont elle obtint la concession en 1878, et celui de Neuilly-Levallois; en Normandie, elle a donné une grande intensité de vie et d'intérêt à de très nombreux hippodromes, parmi lesquels ceux de Cabourg, Deauville, Dozulé, Courseulles, etc. En 1901, la Société du Demi-Sang va abandonner son hippodrome de Levallois, pour s'installer à Longchamps; la nouvelle piste dite de *La Fouilleuse*, est remarquable en tous points.

De son côté, l'administration des Haras n'était pas restée inactive; elle avait fait plusieurs tentatives pour améliorer le cheval normand et le transformer, par l'infusion d'un sang pur, en un animal nouveau, l'*anglo-normand*.

Bien avant la Révolution, Bourgelat, l'homme de cheval le plus savant de l'époque, réagissait vigoureusement contre les mauvais errements et indiquait la race anglaise comme la plus propre à refaire nos races épuisées et abâtardies. Sous Louis XVI, le prince de Lambesc, grand écuyer de France, envoya en Angleterre une mission chargée d'acheter des reproducteurs de demi-sang; 24 étalons furent importés au Haras du Pin (2), parmi lesquels plusieurs sujets assez remarquables pour que leurs noms soient restés dans la mémoire des éleveurs: Glorieux, Badin, Lancastre, Warwick, Sommerset, Docteur, qui peuvent être considérés comme les véritables ancêtres de la race actuelle, car dès cette époque, la cause de la supériorité du *sang* dans l'acte générateur fut gagnée sans conteste. — La suppression des Haras en 1790, puis, durant l'Empire, la rupture de nos relations avec l'Angleterre, furent préjudiciables au développement de la race normande. Mais on ne saurait passer sous silence les importations de pur-sang oriental, qui se firent sous le règne de Napoléon I^{er} par les soins du général Sébastiani et du duc de Vicence; les étalons arabes Bacha et Gallipoly furent ceux dont l'influence se fit le plus heureusement sentir. On se mit sérieusement à l'œuvre après la Restauration; l'administration des Haras se préoccupa

(1) L'hippodrome de Vincennes a quatre réunions par an: une au printemps, du 15 mars à fin mai, avec 7 journées et 35 prix; une en été, avec 3 journées et 15 prix; deux en automne, avec 7 journées et une trentaine de prix; cet hippodrome reçoit de la Société une allocation de 40 000 francs.

(2) Le Haras du Pin avait été fondé par Colbert en 1667.

d'introduire les types les plus parfaits des races anglaises de pur-sang et de demi-sang, et une amélioration notable commença à se manifester dans la famille normande; les principaux étalons appartenant aux Haras et ayant particulièrement concouru à cette amélioration, avant 1840, sont :

Aslan, p. s. arabe;	High Flyer, d. s. anglais;
Bacha, p. s. arabe;	Jaggar, d. s. anglais;
Captain-Candide, p. s. arabe;	Matador, d. s. normand;
Chapman, p. s. anglais;	Massoud, p. s. arabe;
Cleveland, p. s. —	Tigris, p. s. anglais;
D. I. O., p. s. —	Y. Rattler, d. s. anglais;
Eastham, p. s. —	Y. Topper, d. s. —
Gallipoly, p. s. arabe;	

Portrait du cheval actuel. — Tous ces efforts combinés ont eu pour effet de transformer l'ancien cheval normand en un animal aux formes élégamment arrondies, à l'encolure bien fournie, légèrement rouée, aux côtes rondes bien tournées, à la croupe gracieuse, aux jarrets amples bien évidés, à l'œil portant l'empreinte de l'énergie, à la physionomie douce et franche, qui est l'anglo-normand, à certains sujets duquel on ne peut reprocher que d'être trop enlevés et insuffisants dans leurs dessous.

Les caractères de l'ancien cheval normand n'apparaissent plus que rarement. Le corps est sans doute toujours un peu compact, mais en général la tête n'est plus busquée ni l'œil petit. Les épaules ont pris une meilleure direction et les canons sont plus courts. Le pied qui, au dire de Grogner, était un peu haut, s'est corrigé. La disposition des rayons des membres ayant été modifiée, les allures ne sont plus surélevées et la vitesse y a gagné.

Les éleveurs ont puissamment contribué à cette régénération en abandonnant leurs mauvaises méthodes et en améliorant progressivement la nourriture, l'éducation et l'hygiène des chevaux. Et, si l'on a pu dire qu'en Normandie on regardait avant tout l'origine des chevaux sans attacher la moindre importance à la gymnastique fonctionnelle, on ne saurait s'exprimer de même à l'époque actuelle. L'élevage du cheval est pratiqué avec une science parfaite, grâce aux efforts tentés depuis un demi-siècle: les poulinières, primées généreusement dans nombre de concours, sont placées sur le pied d'égalité avec les étalons dans le choix des reproducteurs; la nourriture des poulains est substantielle et nutritive, tout en étant appropriée à leur âge, et leurs muscles sont formés de bonne heure par un travail modéré et un entraînement rationnel.

Depuis 1870 surtout, l'industrie chevaline a fait de grands progrès dans la Plaine de Caen. En outre des soins mieux entendus dont les poulains et les jeunes chevaux sont entourés, les éleveurs recherchent avec une attention plus soutenue les reproducteurs qui se rapprochent du cheval anglais fortement

membre et étoffé. Aussi la réputation des chevaux anglo-normands s'en est accrue, non seulement pour les attelages de luxe, mais encore pour fournir des étalons à plusieurs départements français laissés à leur initiative, et même à quelques-uns des États étrangers qui ont pris la coutume de venir s'y approvisionner.

Plus de 10 000 chevaux sont élevés chaque année dans la Plaine de Caen ; ils sont vendus à trois ans comme étalons, trotteurs, chevaux de remonte (3 000 à Caen), chevaux de commerce, etc.

Ils ne sont pas rares parmi les chevaux normands ceux dont la vitesse dépasse neuf mètres par seconde. On a même obtenu des chevaux remarquables par leur beauté et leur forme et dont la vitesse sur 4 000 mètres était fournie en course en 6^{min},20". Citons : Normand, Phaëton, Cherbourg, Hippomène, Virago, Qui-Vive, Aramis, Joliette, Capucine, Hémine, Harley, Impétueuse, Pastille, Lance-à-mort, l'Estafette, Léda, etc.

Les sommes distribuées en courses au trot ont graduellement augmenté avec les vitesses. Plusieurs trotteurs, entre autres Capucine et Hémine, ont gagné plus de 100 000 francs. Plus de mille poulains ou pouliches de demi-sang paraissent chaque année sur les hippodromes français, à Paris et dans les départements. Dans les pays d'élevage chaque localité importante a voulu avoir sa réunion de courses, où le public manifeste autant de passion que pour les courses au galop.

MODE D'ÉLEVAGE ACTUEL DU DEMI-SANG

La population chevaline normande se divise naturellement en deux groupes, correspondant chacun à un centre particulier d'élevage et à des conditions locales différentes. L'un est le Merlerault, ensemble des vallées herbagères de l'Orne ; l'autre, qui comprend la Plaine de Caen et par suite est seul à nous intéresser ici, embrasse les herbages plantureux du Calvados et de la Manche ; c'est la Basse-Normandie, dont les diverses parties se complètent d'une façon très heureuse et se prêtent admirablement à la spécialisation de chaque période de l'élevage.

La Plaine de Caen, pas plus maintenant qu'au début de ce siècle, n'est un pays de production : c'est un pays d'élevage. Les chevaux sont achetés poulains de lait aux deux fertiles contrées voisines : le Cotentin et le Merlerault, qui produisent, mais n'élèvent pour ainsi dire pas. Dans le premier centre de production, les chevaux possèdent une corpulence plus forte, une taille plus élevée, des formes plus fournies ; c'est là que s'alimente plus particulièrement la Plaine de Caen ; elle se fournit aussi dans le Bessin et dans le Pays d'Auge. Avant d'étudier l'élevage dans la plaine, il nous semble utile, étant donnée l'importance de cette question, de remonter aux origines et d'examiner rapidement la production chevaline dans le Cotentin.

I

PRODUCTION CHEVALINE DANS LE COTENTIN

Les agriculteurs du département de la Manche ne livrent au commerce qu'un petit nombre de chevaux en état de faire du service. Leur principale industrie consiste à faire naître et à élever les poulains jusqu'à leur sevrage; ils les vendent alors aux éleveurs de la Plaine de Caen, ne conservant seulement pour eux que les femelles destinées à devenir des poulinières.

ÉTALONS

Haras de Saint-Lô. — Également à portée du Bessin et du Cotentin, le dépôt d'étalons de Saint-Lô comprend dans sa circonscription le département de la Manche et la moitié de celui du Calvados. Il joue un grand rôle dans la production chevaline normande; c'est lui qui fournit les étalons à tous les producteurs du Cotentin. Le haras de Saint-Lô comprend deux parties: l'une de construction récente, l'autre beaucoup plus ancienne. L'ancien haras est à l'extrémité de la ville, derrière le Champ-de-Mars; il renferme surtout de vieux étalons. Son effectif actuel est de 63 chevaux; il peut en contenir environ 90. Le haras moderne, qui n'est occupé que depuis une dizaine d'années, est situé à environ un kilomètre du premier, en dehors de la ville, sur la route de Bayeux; il est superbement installé et est digne de la puissante industrie dont il assure la prospérité; les constructions couvrent une grande surface et sont de très bel aspect; les écuries disposées en ovale autour d'une cour immense, gazonnée et fleurie, dite Cour d'honneur, sont vastes, saines, bien aérées; les boxes sont spacieux et confortables; tout est réuni pour entretenir les étalons dans des conditions parfaites d'hygiène. Le nouveau haras contient actuellement 250 étalons. Pour servir les 30 000 juments que le département de la Manche livre chaque année à la reproduction, les deux haras réunis disposent d'un effectif de 380 étalons, tant pur-sang que demi-sang trotteurs et carrossiers; cet effectif n'était que de 263 étalons en 1892; il a été depuis augmenté progressivement chaque année.

Régime des étalons. — A 5 heures du matin, les étalons reçoivent le quart de leur ration d'avoine, le quart de leur ration de foin, et on change leur litière; de 5 heures à 7 h. $\frac{1}{4}$ a lieu la promenade des étalons; de 7 h. $\frac{1}{4}$ à 7 h. $\frac{1}{2}$, ils sont bouchonnés à leur rentrée; à 7 h. $\frac{1}{2}$, on leur donne à boire, avec un quart d'avoine, un quart de foin et un tiers de paille; de 9 h. $\frac{1}{2}$ à midi, a lieu le pansage; de midi à midi et demi on distribue un quart d'avoine, un quart de foin, un tiers de paille; de 6 heures à 7 heures on procède à un pansage

sommaire, on lève les pailles, on fait boire et on distribue le reste de la ration.

La ration varie avec chaque étalon selon l'âge, le tempérament et aussi selon la saison; mais en moyenne elle se compose de : 4 kilogrammes de foin, 6 kilogrammes de paille et 10 à 12 litres d'avoine; en outre, certains étalons reçoivent de l'orge, du son, même des carottes. A l'époque de la monte, la nourriture est plus excitante.

Les étalons sont soumis à un exercice modéré : chaque jour ils sortent faire une promenade sur la belle route de Bayeux qui passe devant le haras. C'est un spectacle curieux et pittoresque que celui de la sortie de ces fougueux étalons; ils défilent successivement, sellés et montés, par la cour d'honneur, hennissant, ruant, se cabrant, et causant, malgré les cavaliers exercés qui les montent, quelque accident de temps à autre; on reconnaît les pur-sang à la vivacité de leurs allures, à leur excitabilité extrême; ce ne sont cependant pas eux les plus difficiles à manier, car l'entraînement sérieux qu'ils ont subi pendant leur période de développement les a rendus plus obéissants que les demi-sang, moins bien assouplis en général.

Les étalons font la monte durant quatre mois, depuis le commencement de mars jusqu'au milieu de juillet. Le prix de la monte varie suivant la valeur des chevaux; pour les étalons de demi-sang, il va de 5 à 50 francs; ce dernier prix n'est atteint que par les trotteurs renommés pour leurs qualités reproductives, telles que *Harley* ou *Narquois*; quant aux pur-sang leur saillie se paye jusqu'à 100 francs.

Les écuries présentent, avec tous ces étalons aux formes remarquables et resplendissants de vigueur et de santé, un superbe coup d'œil. Nous avons admiré là, outre les pur-sang, de superbes étalons trotteurs et de fort beaux carrossiers. Le visiteur peut facilement se rendre compte de la valeur des chevaux qu'il a sous les yeux, car sur la porte de chaque boxe se trouve inscrite la performance de chaque cheval; en voici un exemple :

PERFORMANCE DE L'ÉTALON TROTTEUR

Orage (1).

Par Fuchsia et Clémentine, par Phaéton.

Sa grand-mère Centaurine, par Élu.

Sa bisaïeule, par Centaure.

Sa trisaïeule par Tipple-Cider (p. s. A.).

Sa quadrisaïeule, par Eylau (p. s. A. A.).

1895 — 3 ans.

Prix des étalons Alençon, 2^e, 4 000 mètres, 7'54" 100 francs.

Prix du Début Le Pin, 8^e, 4 000 mètres, 7'33" 100 —
200 francs.

Plus grande vitesse 1'53"3/10 le kilomètre.

(1) L'âge du cheval est indiqué par l'initiale de son nom. Ainsi en 1900, le nom des che-

Parmi les étalons les plus célèbres du haras de Saint-Lô, citons : *Narquois* qui détient le record du kilomètre en 1'29" 3/4, *Fontenay*, *Harley*, *Marcelet*, *Neuilly*, *Levrault*, *Napoléon*.

Rôle du haras de Saint-Lô. — Le haras de Saint-Lô a joué un grand rôle dans l'histoire du cheval de demi-sang. A l'époque où cet établissement fut fondé, la race des chevaux était dans un état déplorable d'abâtardissement. Les étalons du dépôt de Saint-Lô, choisis d'abord parmi les plus précieux types de l'ancienne race normande, modifièrent avantageusement cet état de choses. Mais c'est au directeur du dépôt, M. Froidevaux, que la Normandie doit sans contredit la création et le maintien de la précieuse race de trotteurs qu'elle possède aujourd'hui. *The-Heir-of-Line* (p. s.), dédaigné des éleveurs du département de l'Orne, trouva place au dépôt de Saint-Lô en 1862 et y réussit à merveille; ses fils aujourd'hui font race dans les autres régions d'élevage. *Kapirat*, étalon méconnu par la Société d'Agriculture de Cherbourg, qui demandait son déplacement chaque année avec insistance, trouva asile dans le chef-lieu de la Manche; de son croisement avec *Elisa*, on obtint *Conquérant*, en 1858. *Lavater*, que son propriétaire, le marquis de Croix, voulait conserver fut envoyé au haras de Saint-Lô, grâce à l'éloquence développée par M. Froidevaux; on l'y croisa avec les filles de *The-Heir-of-Line*. *Reynolds*, peu apprécié en Vendée, revint à Saint-Lô, comme les autres; il a depuis lors beaucoup et admirablement produit dans ce centre d'élevage. *Normand*, dont les fils sont actuellement si recherchés, fut produit à Saint-Lô, avec *Divus* et une fille de *Kapirat*. Or ces cinq étalons sont ceux qui sont véritablement la source de la race des trotteurs normands actuels.

POULINIÈRES

La culture arable est très réduite dans le Cotentin, tandis que les prairies naturelles y occupent une très large place. Ce système de culture, dans lequel prédominent les pâturages de bonne qualité, est celui qui est le plus propice à l'entretien des juments poulinières et des jeunes poulains. C'est pourquoi cette région du département de la Manche est un centre de production chevaline remarquablement prospère.

Le pâturage en liberté est le régime commun de tous les animaux, chevaux et bovins, élevés dans le Cotentin; c'est celui qui est le plus favorable aux juments poulinières pendant la période de gestation; elles passent toute la belle saison au pâturage et ne rentrent à l'écurie qu'en hiver, par les temps de neige

vaux de 3 ans commence par la lettre T (*Trinqueur*); l'année dernière (1899) il commençait par la lettre précédente, c'est-à-dire par S (*Saturne*), etc.; l'étalon *Orange* a donc 9 ans cette année (1900); *Harley* a 16 ans, *Fontenay* 18 ans, etc.

ou lorsque les prairies sont inondées. Elles paissent à discrétion l'herbe abondante et savoureuse des herbages et reçoivent, en outre, un supplément d'avoine. Elles ne sont soumises à aucun travail, car elles sont continuellement en état de gestation. On fait saillir les juments pour la première fois à l'âge de 2 à 3 ans. Les naissances ont lieu de février à mai, généralement en mars. Dans les quinze premiers jours qui suivent la naissance, la mère est conduite à l'étalon pour provoquer chez elle la manifestation des chaleurs et la faire saillir.

Les producteurs du Cotentin attachent une grande importance au choix de leurs poulinières; l'influence de celles-ci dans l'acte de la reproduction, comparable à celle du moule dans lequel on coule le métal, est en effet considérable, et ce serait s'attirer de graves mécomptes et de nombreuses désillusions que de porter seulement l'attention sur l'élément mâle.

Primes pour les juments poulinières. — En 1855, le comte d'Osseville se plaignait, dans un rapport à la Société d'Agriculture et de Commerce de Caen, de la vente des poulinières de tête par les éleveurs, quand le produit qu'ils en retireraient par la vente était supérieur à celui que leur promettait l'élevage. La vente de ces poulinières était, pour le pays, une perte que ne compensaient pas les bénéfices personnels du vendeur. Le comte d'Osseville demandait, pour éviter cette façon de procéder des éleveurs, l'application par l'État d'un système de primes à long terme; mais les primes distribuées alors n'étaient qu'un encouragement à la vente, en mettant la jument en évidence, tandis qu'elles auraient dû, au contraire, compenser les avantages de la vente.

Actuellement, les poulinières et les pouliches, les poulains dressés, reçoivent des primes qui sont attribuées et distribuées par les fonctionnaires de l'administration des Haras. Ces primes varient quant à leur importance; le minimum et le maximum en sont seulement déterminés par la loi. Mais encore aujourd'hui, les éleveurs cèdent trop souvent à des offres avantageuses et vendent leurs juments soit au commerce, soit à la remonte.

POULAINS

Les poulains vivent au pâturage avec leur mère et la pleine liberté qu'ils y trouvent leur donne l'agilité et la santé. Le producteur ne les soumet à aucun travail ni dressage.

La transition entre le régime lacté et le régime végétal exclusif est facile lorsque les nourrices et leurs jeunes vivent au pâturage. Ceux-ci s'habituent d'eux-mêmes à paître des quantités d'herbe de plus en plus grandes, à mesure que le lait diminue dans les mamelles de la mère. En outre, dès l'âge de deux mois, ils commencent à manger un peu d'avoine en compagnie de leur mère. Le sevrage a lieu généralement en octobre, les poulains ont alors environ sept mois.

Dans le Bessin et le Pays d'Auge, les conditions de la production chevaline sont sensiblement les mêmes que dans le Cotentin et le Merlerault. Le Bessin est une contrée à la fois herbagère dans les vallées et cultivée sur les parties hautes; cependant les plateaux présentent aussi de grasses prairies, mais plantées de pommiers. Dans tous ces herbages enclos de haies et d'arbres de haut bord, dans tous ces prés où serpentent de frais ruisseaux, paissent de nombreuses poulinières accompagnées de leurs poulains dont les joyeuses gambades animent le paysage. Mais, en plus de leur rôle reproducteur, les juments participent aux travaux agricoles; le travail modéré auquel on les soumet est très favorable à l'accomplissement de leur fonction.

La Vallée d'Auge produit un grand nombre de poulains de lait; mais la surabondance de fertilité de ses riches herbages convient mieux à l'entretien des bovidés qu'à l'élève du cheval; dans ce milieu si favorisé, la race atteint son maximum d'ampleur et de corpulence, mais elle acquiert aussi une tendance marquée au lymphatisme.

Les jeunes animaux ne restent pas longtemps entre les mains de leurs producteurs. Après le sevrage, le poulain exige une nourriture abondante, que ne sauraient lui procurer les herbes flétries qu'il trouve à cette époque de l'année dans les pays d'herbages. L'industrie du producteur doit donc être simplifiée et spécialisée, de telle sorte que tous ses produits soient vendus avant l'hiver et qu'il n'ait pas à faire de provisions de foin pour les nourrir durant cette saison; toutes ses ressources fourragères sont mieux employées à l'entretien d'un plus grand nombre de mères. D'ailleurs, le système de culture de ces contrées, disposé spécialement en vue de l'exploitation des poulinières, ne comporte qu'une faible production d'avoine, insuffisante pour assurer aux jeunes l'alimentation indispensable à leur bon développement. Aussi, une fois que le poulain est bien habitué à la nourriture végétale et en bon état, il passe des mains de son producteur dans celles de l'éleveur de la Plaine de Caen, à qui incombent le dressage et l'entraînement. Les mâles seuls sont vendus, les pouliches étant réservées pour la reproduction; elles sont vendues parfois aussi quand elles ont donné un ou plusieurs produits ou qu'elles sont reconnues vides.

Jadis, tous les achats se faisaient dans les foires, surtout à la Saint-Floxel, à Montebourg, et à la Saint-Côme, à Carentan. Les facilités de communication, le développement des voies ferrées ont beaucoup réduit l'importance de ces grands marchés; les éleveurs font aujourd'hui la plus grande partie de leurs achats directement chez les producteurs. Cependant, certaines foires jouent encore un très grand rôle au point de vue commercial, notamment celles de Lessay, de Montebourg, de Carentan, de Saint-Lô, de Bayeux, et nous croyons intéressant de dire ici quelques mots de l'une de ces grandes foires qui ser-

vent d'intermédiaires entre producteurs et éleveurs, la foire de Montebourg.

Montebourg est au centre de cette région célèbre par sa production chevaline, comprise entre Carentan et Valognes, et dont Hiesville, Carquebut, Sainte-Marie-du-Mont, Vierville, Audouville-la-Hubert, Fresville, Beuzeville-au-Plain, Gourbesville, etc., sont les principaux villages. Bâti sur le penchant d'une falaise de grès (1), Montebourg avec sa vieille église au clocher pyramidal et ses maisons aux murs grisâtres, est d'un aspect très pittoresque; sa population est d'environ 2 000 habitants; c'est un marché assez important, non seulement pour les chevaux, mais aussi pour d'autres produits agricoles, notamment les grains et les beurres.

C'est le 16 et le 17 septembre de chaque année, que se tient la grande foire aux chevaux, si connue en Normandie. Montebourg est alors le rendez-vous de tous ceux qui vivent par le cheval; de tous côtés accourent en foule cultivateurs, éleveurs et marchands, et durant ces deux journées le petit bourg est le siège d'une animation extraordinaire (2). C'est sur la longue place qui s'étend devant le marché que se tient cette foire unique en son genre; un millier environ de juments et de poulains y sont réunis, et c'est un curieux spectacle que celui de cette foule d'hommes et de chevaux, masse confuse dominée par la rumeur des cris, des jurons et des hennissements entremêlés de claquements de fouets. Les affaires vont leur train; pas toujours sans difficultés, car le paysan normand est dur à la vente, selon l'expression usitée, et ce sont parfois de longues discussions sur le mérite d'un poulain ou d'une jument: on fait trotter la bête pour juger de ses allures; a-t-elle quelque défaut, l'acheteur en profite pour faire des difficultés; de son côté, le vendeur s'entête dans son prix, et ce sont, de part et d'autre, des tournois fort amusants de cette éloquence normande aux détours rusés et malicieux; alors un tiers, un voisin, s'interpose, s'emploie à faire baisser les prétentions de chacun et presque toujours l'affaire se conclut: on se tape dans la main, l'on convient du jour de la livraison, et tout est dit.

Le même jour, à côté, sur la place de l'église, a lieu un concours important pour les juments suitées; 8 primes d'honneur de 500 francs, 8 primes de 1^{re} classe de 400 francs, 20 primes de 300 francs, 10 primes de 200 francs, 11 primes de 150 francs et 12 primes de 100 francs, telles sont les récompenses de ce concours. Chaque jument est examinée isolément; après l'avoir fait marcher au pas, puis trotter, toujours suivie de son fidèle poulain, on la considère dans l'attitude du repos; et c'est, pendant plusieurs heures, une succession ininterrompue de

(1) Si l'on gravit l'émminence qui domine le bourg, on jouit d'une vue magnifique: on domine sur le havre de Lestre, sur la côte de Quinéville et sur les petites îles de Saint-Marcouf.

(2) La foire a lieu le 17 septembre, mais toute foire a une veille, et c'est le 16 que se font surtout les affaires.

toutes ces belles juments, dont les produits qui gambadent joyeusement à leur côté sont l'espoir de l'élevage normand. Peu de temps après la fin de l'examen, les résultats sont annoncés par les employés des Haras et le *défilé* commence, les juments primées en tête; puis on forme le *cercle* et l'on peut admirer à loisir les meilleures juments et les plus beaux poulains. Chaque année, plus de cent poulinières sont présentées au concours; la plupart sont superbes et laissent peu de chose à désirer; à l'ampleur des régions du corps, à la rectitude des aplombs,



Fig. 22. — Poulinière et son poulain.

ces juments joignent assez généralement des membres d'une grande netteté et présentent des articulations puissantes; elles offrent encore un grand cachet de distinction dans la tête, le port des oreilles, la légèreté et la longueur de l'encolure.

Le concours est excellent, autant pour les juments poulinières que pour les poulains, car il oblige l'éleveur à entretenir ceux-ci en bon état; ils sont bien soignés et nourris, ils reçoivent notamment de l'avoine. Les éleveurs qui ont déjà acheté les poulains à l'âge de trois mois, sont sûrs de les retrouver en bonne condition au moment de la livraison, qui a lieu en novembre. Les grands éleveurs de la Plaine de Caen viennent aussi à Montebourg acquérir les poulains dont ils feront, par un entraînement bien compris, des trotteurs de premier

ordre; le concours leur offre un grand choix. Rien n'est difficile comme ce choix des poulains; il demande un coup d'œil exercé et une très grande habitude du cheval. L'éleveur de trotteurs doit d'abord prendre ses poulains parmi ceux qui sont nés de juments se recommandant par leur origine (1), leurs succès en courses ou dans les concours, leur production antérieure, et qui ont été saillies par les meilleurs étalons du haras de Saint-Lô. L'origine du sujet est indispensable à connaître; elle donne certains indices sur la réussite future, fournit des renseignements sur son caractère, sur la façon dont on doit le traiter et le conduire. Les éleveurs ont tout intérêt à connaître d'une façon certaine l'origine des reproducteurs; car un reproducteur peut donner à ses produits des caractères qu'il ne possède pas, mais qu'ont présentés ses ascendants. Il importe enfin d'examiner avec soin la conformation de l'animal; souvent, un poulain qui, à quatre mois, est admirable et semble devoir donner un excellent cheval, subit des modifications en se développant, son dos prend une mauvaise forme, ses genoux deviennent défectueux, ses canons restent grêles. Le prix des poulains d'origine trotteuse varie de 1 500 à 2 000 francs, en moyenne; parfois il atteint 3 000 francs. Les poulains de bonne race, destinés à servir plus tard d'étalons, valent de 6 à 700 francs. Quant aux poulains ordinaires, on les paye de 150 à 400 francs.

Quel que soit l'âge auquel le poulain est acheté, il doit être livré au sevrage. Le producteur est tenu d'entretenir l'animal en bon état; s'il s'agit d'un sujet de prix élevé, destiné aux courses ou aux Haras, il ne suffit pas que le poulain ait suivi sa mère au pâturage et qu'il ait reçu les soins habituels, il faut encore qu'il ait mangé de l'avoine et qu'il remplisse les conditions qui doivent faire de lui un beau et bon cheval.

II

L'ÉLEVAGE DANS LA PLAINE DE CAEN

Nous arrivons maintenant à la seconde phase de la production chevaline, celle de l'élevage proprement dit, qui est la grande industrie de la plaine de Caen. Nous avons vu la nécessité pour les poulains de passer, après leur sevrage, dans un système de culture différent de celui qui les a vus naître, où ils trouveront, avec le sol sec et l'air pur des vastes plaines, le travail et la nourriture substantielle et tonique, grâce auxquels ils acquerront la force et l'énergie. L'exploitation des chevaux, à partir de ce moment jusqu'à celui où

(1) On entend par origine d'un cheval, l'ensemble de ses ascendants. L'origine est d'autant meilleure qu'elle est plus simple, et que les qualités et les caractères recherchés se sont montrés plus développés et plus constants chez un plus grand nombre d'ascendants.

ils pourront être livrés au commerce, pour les besoins de la société ou de l'armée, exige en effet un outillage et, de la part de l'exploitant, des aptitudes spéciales.

Cette partie de la production chevaline est à la fois la plus importante et la plus difficile à bien pratiquer. C'est d'elle que dépend, pour la plus grande part, la valeur des sujets produits. Dans la création de cette valeur, interviennent surtout les qualités personnelles, le travail de l'éleveur, beaucoup plus que les conditions naturelles. « Les bons chevaux, dit M. Sanson, ne se font pas seulement avec des poulinières, des étalons, des herbes et de l'eau. Ces divers éléments fournissent le moule et la matière première. L'intervention active et intelligente de l'artiste est indispensable pour fabriquer l'objet et le façonner à l'usage qu'il doit remplir. » L'art de l'éleveur est donc ici à peu près tout-puissant.

Un dixième des éleveurs produisent le cheval de grand prix, d'origine trotteuse, en vue des courses, de la présentation aux Haras ou du commerce de luxe. Les neuf dixièmes des cultivateurs de la plaine élèvent le cheval de troupe, en vue de la présentation aux remontes. Au total, la population chevaline de la plaine est de 21 000 têtes environ.

Régime des poulains depuis le sevrage jusqu'à dix-huit mois. — De l'alimentation des jeunes animaux dépendent pour une forte part leur avenir et leur précocité. Dès les premiers jours de novembre, au moment de leur sevrage, les poulains arrivent dans la Plaine de Caen, ils ont alors de sept à huit mois; le régime qui leur convient le mieux à ce moment est celui du pâturage, auquel doivent s'ajouter, le matin et le soir, des distributions d'avoine, indispensables pour une bonne production. La vie à l'herbage laisse, en effet, aux poulains la plus grande liberté de leurs mouvements et les place ainsi dans les conditions les meilleures pour leur développement.

Mais les prairies naturelles sont l'exception dans la Plaine de Caen et leur défaut oblige les grands éleveurs à envoyer pendant un an les poulains qu'ils viennent de recevoir dans les herbages du Pays d'Auge; ces herbages, situés dans la vallée de la Dives, dans la fertile région de Corbon, de Hottot, de Varaville et de Dozulé, ont une richesse de production merveilleuse et les poulains y acquièrent rapidement une ampleur considérable; pendant la saison d'hiver, ils reçoivent de l'avoine, qu'ils avaient déjà appris à manger en compagnie de leur mère. La pension de chaque poulain coûte 300 francs pour l'année complète, et 200 francs pour la saison de mars à novembre.

Mais ce séjour au Pays d'Auge a l'inconvénient de soustraire les poulains à la surveillance de l'éleveur, à un moment où elle s'impose absolument; ils sont trop exposés aux intempéries pendant la mauvaise saison, alors que leur jeune

âge demande quelques précautions; puis les distributions d'avoine ne leur sont pas toujours faites d'une façon très régulière; or, l'intervention de l'avoine est indispensable pour obtenir plus tard une bonne aptitude; cet aliment hâte l'achèvement et assure la solide construction du squelette tout en l'amplifiant; en même temps il développe l'excitabilité nerveuse si nécessaire pour obtenir de la vitesse, et il alimente la source même de la force motrice. Pour ces diverses raisons, les éleveurs préfèrent n'envoyer leurs poulains au Pays d'Auge qu'à partir du mois de mars; ils gardent l'hiver ceux qui leur paraissent avoir besoin de plus de soins, autant que la place dont ils disposent le leur permet.

Chez la majeure partie des cultivateurs, les poulains restent de novembre à mars sous des hangars où ils ont toute la liberté de leurs mouvements; par le beau temps, on les laisse s'ébattre dans la cour de la ferme. Leur ration se compose ordinairement de 3 litres d'avoine, 7 kilos de foin, de paille de blé ou d'avoine et d'eau blanche (eau et son). Au printemps, ils sont mis au piquet dans le seigle vert, puis dans le trèfle incarnat, le sainfoin et les regains.

En novembre, tous les poulains rentrent à la ferme; ils sont alors âgés de dix-huit mois et désignés sous le nom d'*antenais*. Ils passent la plus grande partie de l'hiver dans des paddocks couverts où l'air extérieur arrive librement; le passage brusque et sans transition de l'air vif des vallées à celui trop tiède et trop raréfié de l'écurie présenterait des inconvénients pour ces jeunes chevaux. Leur ration d'avoine est portée à 5 litres.

Un peu avant le printemps, le temps du dressage commence pour les poulains. Ceux qui sont destinés à l'entraînement, en vue des courses, sont mis en boxes, c'est-à-dire dans des loges spacieuses où ils ont toute liberté de mouvements; on les conduit au manège revêtus d'une couverture et d'une sangle et on les fait trotter à la plate-longe; on les habitue au bridon et on les promène en main, puis montés et sellés. Les autres sont placés dans les écuries et attelés à la charrue avec de vieux chevaux qui leur servent en quelque sorte de maîtres d'école.

Les poulains propres au service de la cavalerie peuvent être comme les autres utilisés dans l'exécution des travaux agricoles, principalement pour le transport des récoltes. La nature du sol s'y prête sans difficulté, aussi bien du reste pour les travaux de culture que pour les transports. Ce travail des poulains est des plus avantageux à tous les points de vue: il a pour effet de produire des chevaux meilleurs, plus développés, mieux conformés et dans des conditions plus économiques; c'est un exercice salubre, qui les rend doux et familiers avec l'homme. Le pansage (1) régulier de leur peau, qui favorise l'accomplissement

(1) On ne tond jamais les jeunes chevaux, de même que les chevaux de courses, pour lesquels le pansage suffit.

de la fonction respiratoire, exerce aussi une influence heureuse sur leur développement, en assurant leur bien-être; il a, en outre, l'avantage de les habituer au contact de l'homme et de les rendre dociles, ce qui est pour le cheval une très grande qualité; elle facilite considérablement son dressage ultérieur et augmente ainsi sa valeur commerciale. On commence à ferrer les poulains dans la Plaine de Caen lorsqu'ils atteignent l'âge de 2 ans 1/2; jusque-là ils ne marchent que sur les gazons (herbages du Pays d'Auge) ou sur le limon qui recouvre le sol de la plaine et l'usure du sabot ne dépasse pas sa pousse; mais il importe,

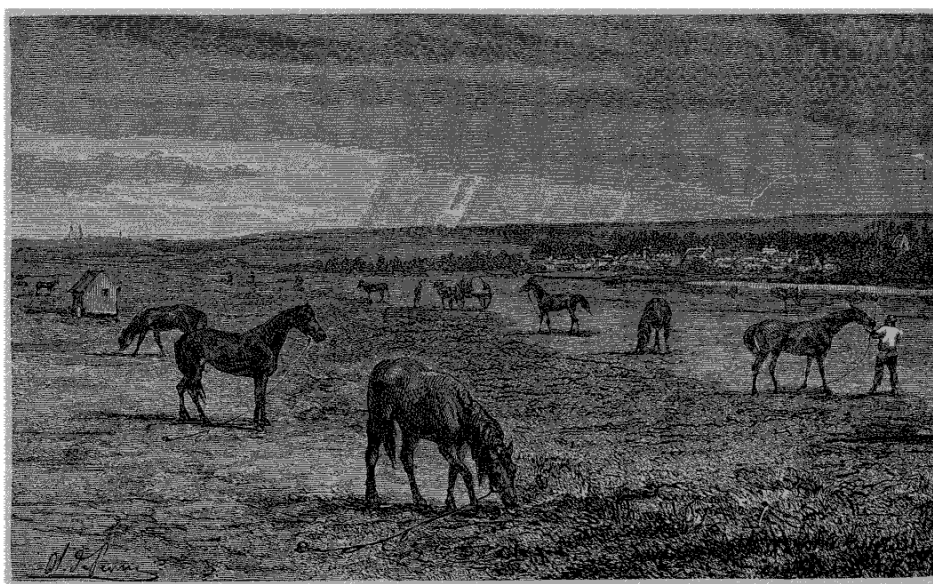


Fig. 23. — Les chevaux au piquet dans la Plaine de Caen.

pendant cette première période de *parer* les pieds toutes les fois qu'ils s'écartent de la forme normale pour éviter que les aplombs ne se faussent. Les chevaux de labour ne sont ferrés qu'à trois ans.

Dès le commencement d'avril, les poulains sont mis dans le seigle en vert. Après le 15 avril, on les met au piquet dans le trèfle incarnat, puis dans le sain-foin (2^e pousse). Ce régime, qui dure jusqu'au mois d'août, leur fait acquérir un grand développement. Le piquet est le mode d'attache des animaux dans toute la Plaine de Caen, et c'est un spectacle des plus pittoresques et bien caractéristique que celui de ces longues files de chevaux régulièrement disposées à travers les prairies artificielles, dont ils animent l'aspect monotone; leurs formes sombres se détachent sur la mer ondoyante des trèfles incarnat et des sainfoins aux fleurs roses et les signalent de loin à l'attention du touriste. En-

foncés presque jusqu'au poitrail dans l'herbe savoureuse, ils paissent en toute tranquillité, s'interrompant seulement de temps à autre pour s'appeler par des hennissements sonores.

L'éleveur de la plaine est très fier de ses chevaux et il ne manque jamais, lorsque vous visitez son exploitation, de vous conduire au pâturage. Le cheval, troublé dans sa quiétude par l'arrivée des visiteurs, s'arrête de paître et, l'œil inquiet, se tourne vers eux; le fermier détaille les formes de l'animal et cherche à lui faire quitter son attitude de repos, à le mettre en action, afin de faire admirer ses belles allures : il agite son mouchoir, tambourine dans son chapeau ou bien ouvre brusquement son parapluie, et l'animal effrayé de ces gestes, de ces bruits inaccoutumés, dresse les oreilles, fait un bond de côté, s'enfuit en galopant et ruant, mais retenu par sa longe il court en cercle, fait brusquement volte-face, revient sur ses pas, pour s'arrêter quand sa frayeur est calmée. Ces mouvements désordonnés mettent en relief toute la vigueur, toute la puissance d'action que possèdent ces poulains à l'état latent, et qu'un entraînement savamment conduit développera à son maximum pour en faire des trotteurs hors ligne ou des carrossiers de luxe.

Le pâturage libre, excellent dans le Pays d'Auge et le Bessin, aux herbages enclos de haies et de fossés, n'était pas le moins du monde pratique sur les terres non closes et morcelées des environs de Caen. Aussi, les agriculteurs de la plaine ont-ils adopté, conduits par la force des choses, le pâturage au piquet, que l'expérience a démontré nécessaire à la consommation sur place par les chevaux des productions fourragères. Ce mode de pâturage offre de grands avantages; l'animal, obligé de pâturer sur l'emplacement qui lui est assigné, respecte l'étendue totale du pâturage : l'herbe n'est plus souillée par les déjections, les plantes ne sont plus foulées par les sabots; de cette façon, les pertes sont réduites au minimum. Le pâturage au piquet est aussi un moyen puissant de fertilisation. Aucune des déjections liquides ou solides n'est perdue pour le sol et l'on considère qu'une bonne prairie artificielle ainsi pâturée a reçu environ une demi-fumure. Par le même moyen, on fait consommer la production des prairies artificielles sans aucun danger, sans crainte d'indigestion. Enfin, la méthode du piquet force le cheval à être plus docile et plus patient; elle l'accoutume à la domination de l'homme, à l'obéissance de tous les instants, même en présence des champs aux horizons sans fin et de la liberté de la nature.

Lorsque les animaux arrivent dans le pâturage, le gardien les attache symétriquement à des piquets placés sur la limite de l'étendue qui doit être pâturée : ces piquets sont disposés le plus souvent sur une ligne parallèle à l'un des bords du champ et à 25 mètres les uns des autres. Le piquet est un morceau de fer ou de bois cylindrique, pointu à une extrémité, dont la tête affleure à la surface du

sol et retient à l'aide d'un anneau une *corde* de 7 mètres de long; cette *corde* se compose d'une chaîne de fer de 3 mètres et d'une corde goudronnée de 4 mètres, dont l'extrémité est fixée au licol du cheval; la chaîne est munie de deux mailles tournantes, de façon à empêcher la corde de se tordre et de s'emmêler. Ainsi attachés, on abandonne les chevaux à eux-mêmes; au début, il arrive souvent que le poulain se prend dans sa corde et tombe, mais il est rare qu'il soit repris au même piège. Quand le cheval, dans sa marche circulaire, a fait place nette, on avance son piquet de 33 à 50 centimètres, suivant l'abondance de l'herbe; on ne change ordinairement le piquet de place que deux fois, de 4 heures du matin à 8 heures du soir; mais en réalité le changement a lieu six fois, car on a soin de faire au début un double nœud à la corde, et de la détendre ensuite

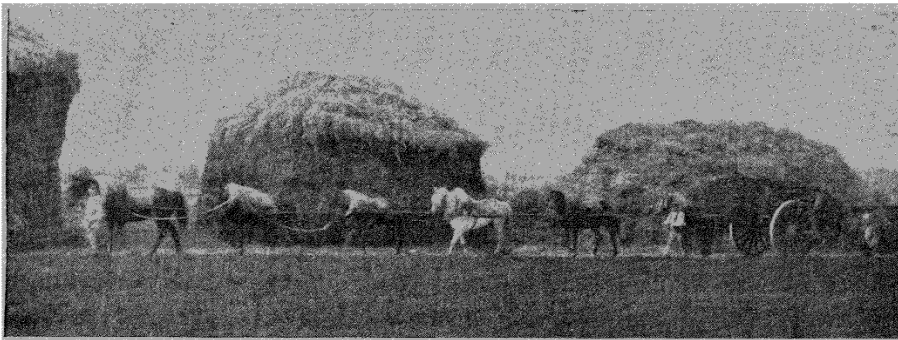


Fig. 24. — Chevaux de demi-sang utilisés aux travaux des champs.

successivement en ne laissant d'abord qu'un seul nœud, puis en la dénouant entièrement en dernier lieu.

Pendant les mois de grande chaleur, les chevaux au piquet sont dérangés par les mouches, notamment par les taons; on voit les membres des animaux couverts de petits points, qui ne sont autre chose que les œufs déposés par les taons (1); les chevaux, en se léchant, avalent ces œufs. Cela n'a d'inconvénient que pour les jeunes chevaux; M. Bastard nous a cité le cas de deux poulains, dont la mort était due, ainsi que le démontra l'autopsie, à la perforation des intestins par des larves de taons. Les accidents causés par ces larves seraient plus nombreux qu'on ne pense, les cultivateurs de la plaine les attribuant à tout autre chose.

Pendant la belle saison, les chevaux restent constamment au pâturage, le gardien qui les surveille passe les nuits dans une cabane roulante. Quand il donne à boire ou lorsqu'il administre des farineux, il se sert de petites auges

(1) Le village de Thaon semblerait devoir son nom à ces mouches dangereuses.

ayant 0^m,33 de largeur sur 0^m,66 de longueur. Les poulains au piquet ne boivent pas d'avril à juin; ce n'est que pendant les chaleurs, en juin, juillet et août, qu'on leur porte de l'eau; à cet effet, on amène successivement devant chaque animal un tonneau à eau monté sur deux roues, et en ouvrant le robinet on remplit l'auge qui est située en arrière du tonneau; chaque cheval *piqueté* consomme en moyenne dix litres d'eau par jour.

Les poulains, durant les quatre à cinq mois de leur régime au piquet, ne reçoivent pas d'avoine; le trèfle incarnat et le sainfoin, qui forment leur unique aliment, sont très riches en principes nutritifs et suffisent parfaitement à assurer leur bon développement (1). Sous l'influence de cette alimentation herbacée, les sécrétions deviennent plus abondantes, la peau s'assouplit et se recouvre de poils brillants, la nutrition devient plus active, le sang plus abondant; les animaux gagnent en embonpoint, en force et en activité. On a discuté, dit M. Sanson, sur la question de savoir si les fourrages des prairies artificielles conviennent pour les jeunes poulains; un ancien préjugé leur attribue sur les organes de la vision une influence préjudiciable et les accuse de provoquer le développement de la fluxion périodique. Or, les chevaux de la Plaine de Caen, nourris à l'état de poulains avec ces fourrages, ne se montrent pas plus sujets que les autres à la maladie; ils le seraient plutôt moins. Une affection très grave qui les attaque parfois, connue par les éleveurs sous le nom de *mal de chien*, ne saurait être attribuée aux prairies artificielles; c'est une paralysie de la moelle épinière, qui est rarement guérissable, les chevaux s'en ressentant presque toujours, et sur les causes de laquelle on n'est pas très bien fixé; elle doit tenir à une prédisposition héréditaire, à l'influence du pâturage ou à un mauvais régime.

Au mois d'août, les chevaux sont rentrés à l'écurie; on les ferre et on commence leur éducation. Les chevaux d'origine trotteuse sont mis à l'entraînement; les autres font, avec les chevaux de travail, les labours et les divers travaux des champs; le tirage au trait les rend moins turbulents. Ce travail est pour eux un exercice salubre, mais il ne produit de bons effets qu'à condition de rester proportionné à la force de résistance et à l'âge des animaux.

Pendant ce second hivernage, la nourriture est plus abondante et la quantité d'avoine distribuée par cheval et par jour est de 6 à 8 litres; il y a donc augmentation de la ration avec l'âge, de façon à toujours nourrir les animaux au maximum.

Au printemps suivant, les chevaux, alors âgés de 3 ans, sont mis à nouveau au piquet, jusqu'au mois d'août, où ils sont préparés pour la vente comme étalons. Les petits cultivateurs ne présentent pas eux-mêmes leurs chevaux à

(1) Nous avons vu, à propos des prairies artificielles, qu'un fourrage rendu riche en acide phosphorique par un épandage abondant d'engrais phosphatés, vaut mieux que les phosphates minéraux donnés directement aux animaux.

la remonte; ils les vendent au commencement du printemps, à des éleveurs, qui font métier de cette présentation. Seuls, les sujets d'élite ne retournent pas au piquet : ils sont mis en boxe et montés tous les jours pour les préparer à subir les épreuves que l'administration des Haras impose à ses candidats. Dans les premiers jours d'octobre, ils sont présentés comme étalons et vendus aux Haras, à des particuliers ou à des étrangers. Les chevaux de second ordre (ceux que l'on n'a pas admis comme étalons) sont castrés et livrés au commerce

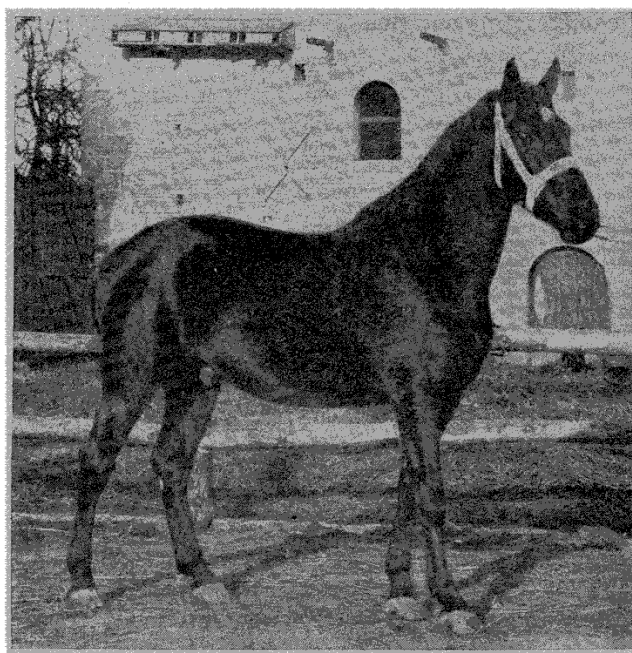


Fig. 23. — Cheval de quatre ans, destiné au commerce.

comme chevaux de service, de luxe, ou à la remonte comme chevaux de carrière.

Pour remplacer momentanément les chevaux vendus à la remonte, les cultivateurs achètent en juillet des chevaux de 3 ans $1/2$ qu'ils gardent cinq à six mois pour les travaux de la ferme et qu'ils revendent en janvier à la remonte. Ces chevaux sont achetés aux grandes foires de la Manche : Saint-Lô, Lessay, Montebourg; achetés de 7 à 900 francs, ils sont revendus de 1 000 à 1 200 francs. Quant aux limoniers, aux chevaux de gros trait qui sont nécessaires pour l'accomplissement des travaux pénibles, ils sont généralement achetés dans le Perche, aux environs de Mortagne principalement, à l'âge de dix-huit mois.

ENTRAÎNEMENT DU CHEVAL TROTTEUR.

Nous abordons ici la partie la plus délicate de l'élevage du cheval de demi-sang et où se manifeste l'habileté si connue des grands éleveurs normands. Nous avons eu la bonne fortune d'obtenir de M. Paul Bastard, l'un des éleveurs les plus justement renommés de la Plaine de Caen, des renseignements très précis sur cette intéressante question, et c'est d'après ses indications que nous traiterons ce nouveau chapitre.

L'entraînement est l'art de préparer un cheval à subir les épreuves des courses. Cet art consiste à développer au plus haut degré chez le cheval toutes ses qualités de vitesse et d'endurance, à le mettre en état d'affronter les plus grandes fatigues et de déployer toute sa puissance, sans que l'équilibre de l'organisme soit rompu et qu'une partie quelconque souffre plus qu'une autre.

« L'entraînement des trotteurs demande, dit M. Bastard, des soins et une surveillance de tous les instants; d'un travail bien compris dépend l'avenir du cheval, et malgré cela on doit s'attendre à beaucoup de déceptions. » Cette opinion d'un des éleveurs les plus habiles nous montre combien sont grandes les difficultés de l'entraînement. L'avenir du cheval dépend entièrement d'un travail habilement conduit, où la moindre faute commise suffit à tout compromettre. Pour avoir quelques chances de réussir, il faut d'abord posséder un sujet *d'origine confirmée*; nous avons vu, à propos du concours de Montebourg, l'importance de cette origine et la difficulté du choix d'un poulain dont on fera un trotteur; par sujet d'origine confirmée, on entend celui qui est issu de père et de mère trotteurs ou de famille trotteuse ou encore du croisement d'un trotteur avec une jument de pur-sang ou d'un cheval de pur-sang avec une jument trotteuse. Souvent chaque famille a un caractère particulier; les unes, impressionnables et nerveuses, demandent beaucoup de ménagements; les autres, généreuses et d'un caractère accommodant, répondent courageusement aux efforts qui leur sont demandés. Il faut connaître ces particularités de caractère pour diriger l'entraînement comme il convient et pour ne point faire fausse route. La conformation du cheval et ses allures naturelles jouent aussi un grand rôle. Il faut savoir enfin user de ménagements avec un cheval mal équilibré ou qui a quelque côté faible dans sa conformation.

Des boxes permettant à l'animal de se mouvoir librement, bien aérés, mais pouvant se clore hermétiquement durant les grands froids; des pansages bien pratiqués; un nettoyage à la brosse de toutes les parties du corps; des massages à la main nue, mais agissant toujours dans le sens du poil afin d'agir sur le sys-

tème musculaire, voilà ce que l'on trouve dans tous les établissements d'élevage et de dressage de la Plaine de Caen.

DRESSAGE

Dès que l'éleveur a pris possession d'un poulain, ce qui a lieu après le sevrage, il l'étudie, l'observe avec soin, le suit dans son développement, s'applique à connaître son caractère afin de pouvoir indiquer la manière dont doit être conduit le dressage, puis l'entraînement.

Jusqu'à l'âge de dix-huit mois ou deux ans, le demi-sang n'a été soumis à aucun autre exercice que celui auquel il s'est livré en prenant ses ébats dans le pâturage ou dans le paddock; on ne s'est préoccupé que de lui assurer une nourriture substantielle et tonique, en ajoutant un supplément de grain durant l'allaitement, puis en augmentant progressivement la ration. C'est à l'âge de deux ans que le poulain destiné à l'entraînement est généralement mis au dressage.

On commence d'abord par brider le poulain à l'écurie, ensuite on le met au rond à la plate-longe et on l'habitue à la sangle. Lorsqu'il est bien familiarisé avec l'homme et les premiers instruments de dressage, on lui met un bridon et une couverture; un homme vigoureux le tient par la longe du caveçon, et on lui met un gamin sur le dos. Le cheval étant monté au rond, on l'habitue à tourner à droite et à gauche; lorsqu'il ne manifeste plus aucune intention de se défendre, on le fait promener monté derrière un autre cheval et on lui enlève la plate-longe.

La durée de cette première préparation est très variable, elle dépend de l'impressionnabilité plus ou moins grande du poulain. Il faut prendre pour règle d'agir toujours avec prudence et douceur, afin de donner confiance à l'animal, et de n'user de répression que lorsqu'on y est absolument contraint.

Si le poulain supporte facilement ce premier travail, pour parachever son dressage, on le promène en compagnie d'un cheval déjà dressé et on commence à le faire trotter à petite allure en ayant soin de ne jamais dépasser la distance de 400 à 500 mètres; il faut veiller aussi à ce qu'il ne prenne pas le galop.

ENTRAÎNEMENT

La période de dressage terminée, on aborde celle plus compliquée de l'entraînement; elle ne commence qu'à l'âge de deux ans et demi, cinq ou six mois avant les premières courses, généralement vers le mois de novembre (les premières courses pour chevaux de demi-sang ont lieu en avril).

On débute par des promenades journalières au pas, durant une heure envi-

ron, en ayant soin de pousser le cheval dans les jambes et de lui donner de la part de la main autant de liberté que possible; à cet effet on laisse les rênes presque flottantes, ce qui lui permet d'allonger le cou et de venir de lui-même prendre petit à petit l'appui qui lui sera nécessaire dans les allures vives. Les promenades, peu prolongées d'abord, sont graduellement augmentées, en évitant toutefois d'amener la lassitude. Au bout d'une vingtaine de jours, on augmente la longueur des promenades de trois quarts d'heure environ. Pour préserver le cheval du froid, on le monte en camail et en couverture; de cette façon, on provoque aussi la transpiration, qui débarrasse l'animal de la graisse inutile.

Sous l'incitation de cet exercice quotidien, le poulain se développe, ses muscles augmentent d'élasticité et de volume. Quand il est bien en force et qu'il obéit bien à la main et aux jambes, on lui donne quelque temps de trot trois fois par semaine; il est très important que le cheval passe immédiatement du pas au trot allongé, sans transition, et qu'il ne prenne jamais le galop. On lui prodigue les soins les plus minutieux; chaque fois, après avoir trotté deux ou trois kilomètres, le jockey doit descendre, dessangler son cheval et le gratter pour lui enlever la sueur. En rentrant à l'écurie, le cheval doit être l'objet de soins et d'un pansage minutieux: on lui nettoie les yeux, la bouche et les naseaux avec une fine éponge; on le sèche, on le bouchonne, on le masse et on le brosse énergiquement. Tous les jours le cheval fait en outre deux heures de promenade.

Ration du cheval à l'entraînement. — Partant de ce principe que l'alimentation la meilleure est celle qui fournit, sous le moindre volume, la plus forte somme de substances alibiles, on adopte l'avoine et le bon foin, de préférence à l'orge et à la paille.

La ration du cheval à l'entraînement se compose de douze litres d'avoine environ, distribués en cinq fois: 1° le matin, au réveil; 2° à 7 heures, après avoir mangé le foin et bu; 3° à midi; 4° à 5 heures 1/2, après avoir mangé le foin et bu; 5° à 8 heures. Souvent, on remplace avantageusement cette dernière avoine par une *mâche* rafraîchissante; on prépare cette mâche en faisant cuire de la graine de lin, qu'on mélange dans l'après-midi avec de l'avoine; on recouvre d'une couche de son, et le tout est trituré au moment de distribuer la ration; la quantité par cheval est de 1/4 de litre de graine de lin, 3 litres d'avoine et 3 litres de son; cette mâche est donnée deux ou trois fois par semaine, le jour où le cheval a trotté. La quantité de foin donnée à chaque cheval est de trois kilogrammes, en deux rations; ce foin est de très bonne qualité, il provient de prairies naturelles de haut pays et doit avoir été très bien récolté. La paille est donnée à discrétion; mais quand le cheval est gros mangeur, on lui met la *muserolle* ou muselière en cuir, surtout pendant la nuit.

Il va sans dire que les chevaux à l'entraînement sont placés dans des boxes

bien aérés où ils peuvent se mouvoir librement, et que les rations doivent leur être administrées très exactement.

La ferrure est l'objet d'une très grande attention ; la ferrure à l'anglaise est généralement adoptée à cause de sa légèreté, et de son ajusture ne dépassant pas la muraille du sabot. Les atteintes que les chevaux se donnent en trottant peuvent être évitées par une ferrure bien comprise. Si cela ne suffit pas, on leur met au canon les bottines en caoutchouc dont les Américains ont fourni les

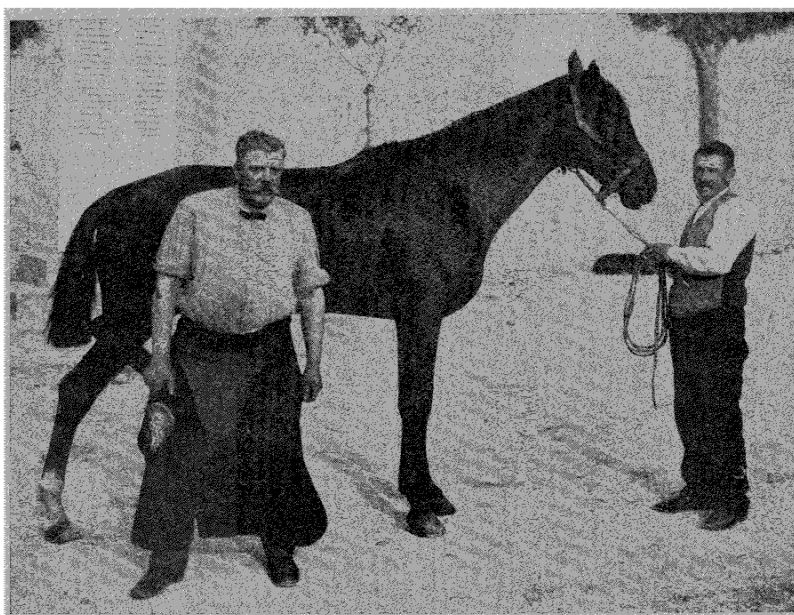


Fig. 26.

modèles, et que des spécialistes fabriquent à Paris. Les sabots doivent être graissés tous les jours avec de l'onguent de pied.

Si le temps l'a permis, au bout de deux mois de travail, le cheval commence à acquérir de la vitesse ; si, à ce moment, les efforts tentés n'ont pas donné de résultats, si on s'aperçoit que le cheval n'a pas d'aptitudes trotteuses, il faut abandonner tout espoir de l'améliorer et se résoudre à le réformer. Dès que le bon état de la piste (1) le permet, on commence à faire trotter le poulain à côté d'un autre trotteur ou d'un cheval de galop, qui est pour lui un stimulant

(1) Une piste circulaire est nécessaire pour l'entraînement ; elle doit être entretenue dans de bonnes conditions d'élasticité, sans être ni trop dure ni trop molle. Elle est divisée par des poteaux indicateurs en fractions de 500 mètres, pour contrôler les essais. La piste est maintenue en bon état par des hersages fréquents, pratiqués au moyen de herses spéciales.

et l'habitude à la lutte. Pour se rendre compte de la vitesse du cheval, on contrôle les premiers essais au chronomètre. Il ne faut pas demander au poulain un effort trop prolongé ; aussi ne le pousse-t-on pas dans les allures de course pendant plus de 1 000 à 1 500 mètres, et dans les trots d'exercice, modère-t-on l'allure, et ne demande-t-on de la vitesse qu'au commencement et à la fin du travail.

Pour achever de mettre le cheval en condition, on donne une *suée*. Par un temps chaud de préférence, on sort le cheval recouvert de grosses couvertures de laine et de camails et on lui donne un trot de 3 000 mètres ; l'animal entre rapidement en transpiration et son corps est bientôt recouvert d'une sueur blanche semblable à de la mousse de savon ; l'exercice terminé, le cheval est soigneusement essuyé et séché, on le rentre à l'écurie et on le met à la diète pendant deux jours, afin de lui administrer une purgation le troisième jour. La médecine du cheval est presque toujours un *bol d'aloès* ; c'est le purgatif le plus sûr et le moins dangereux dans ses effets. On met la dose en rapport avec l'âge et la constitution du sujet à traiter, et c'est généralement 15 grammes à 3 ans, 20 grammes à 4 ans, 25 grammes à 5 ans et au-dessus. Il ne faut pas abuser de ce remède, mais il est quelquefois utile avec les chevaux trop gras ; son action facilite les déjections et arrête l'inflammation qui se porte parfois aux membres. Deux jours après, le cheval reprend ses promenades habituelles au pas, et lorsque les forces reviennent, on recommence les exercices au trot.

Le cheval destiné à courir attelé doit être dressé et promené au sulky au moins deux ou trois mois avant sa première course.

Préparation à la course. — Lorsqu'on s'est assuré que le trotteur a acquis une vitesse suffisante pour prendre part aux épreuves dans lesquelles il est engagé, on doit redoubler de zèle et de surveillance pour le maintenir en bonne condition, et ne lui demander que le travail nécessaire pour lui conserver ses allures. On continue à le trotter tous les deux jours, en lui faisant faire à l'exercice la distance qu'il aura à parcourir dans sa course. Ce travail n'est pas le même pour chaque cheval, et varie selon sa force, son tempérament et sa condition. Il est difficile de maintenir un trotteur en forme pendant plus de six semaines et les entraîneurs qui ont une cavalerie assez nombreuse ont soin de ne pas entraîner simultanément tous leurs chevaux ; ils s'appliquent au contraire à les ménager et à ne les préparer que pour certaines époques importantes.

Le jockey lui-même doit observer un régime quelques jours avant la course pour se faire maigrir, s'il est trop lourd, et être frais et dispos pour le jour de la lutte.

Les vainqueurs des courses au trot sont des animaux remarquables par leur puissance d'actions et d'allures, par leur grande résistance qu'ils doivent à l'entraînement vigoureux et savant auquel ils ont été soumis ; aussi est-ce parmi

eux que les Haras et les remontes font leur premier choix, certains qu'ils sont d'acquérir ainsi des animaux tout à fait éprouvés et d'origine certaine. Le fruit sec des courses n'en conserve par moins les qualités acquises ; le commerce le prend comme cheval de service et comme cheval de luxe.

PROGRÈS DE L'ÉLEVAGE DU DEMI-SANG

Grâce aux perfectionnements apportés par les éleveurs dans les méthodes d'élevage, la race chevaline de demi-sang a été fortement améliorée, surtout depuis une vingtaine d'années. Il a fallu bien des efforts aux éleveurs, beaucoup

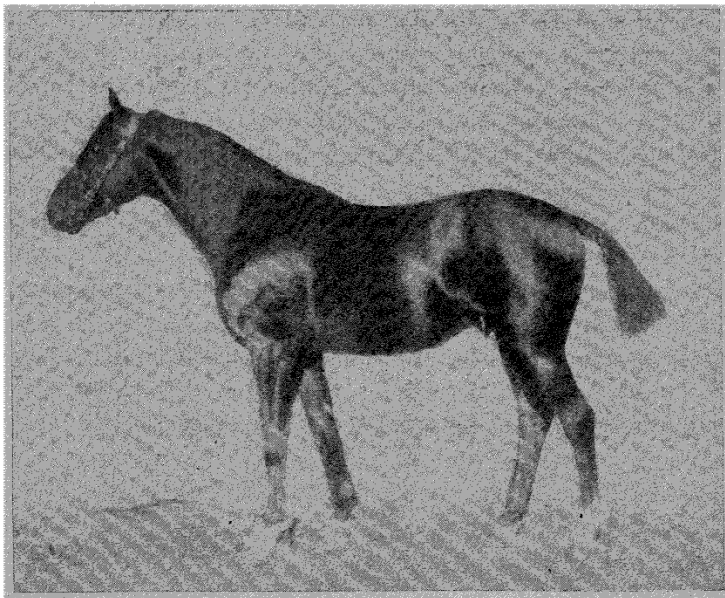


Fig. 27. — Cheval anglo-normand, à deux ans et demi.

- d'habileté et de patience, pour arriver à produire leurs incomparables trotteurs, si élégants et de formes si régulières, et qui, tout en conservant la taille et le volume qu'ils doivent à l'ancien cheval normand, ont acquis une puissance d'actions et d'allures, une résistance et une ardeur qui défient toute concurrence, principalement sur les longues distances. La précocité surtout des chevaux normands est devenue remarquable ; dès l'âge de deux ans, les poulains ont acquis une ampleur considérable ; à une taille élevée, ils joignent des membres forts et vigoureux et il doit être fort difficile, sinon impossible, d'obtenir ailleurs qu'en Normandie des animaux aussi bien développés à un âge aussi peu avancé.

Depuis 1870, le nombre des trotteurs s'est accru, en même temps que le chiffre des allocations offertes par les sociétés de courses. Les vitesses données auparavant (1) par quelques sujets d'élite sont devenues communes et le nombre des chevaux trottant régulièrement et pouvant atteindre ces mêmes vitesses est actuellement fort élevé. Les records obtenus ont été en outre abaissés d'une façon très sensible; en nous reportant par exemple en 1888, nous voyons la jument *Hémine*, la plus vite de son temps, gagner la Coupe du demi-sang, 4 000 mètres, en 6'33'', soit le kilomètre en 1'38'' 1/4; dix ans après, en 1898, vingt-cinq produits de trois ans couraient en moins de 1'40'': *Rédowa* remportait le Derby de Rouen (3 200 mètres) à raison de 1'33'' 2/3 le kilomètre; *Rachel*, *Rip-Rip*, *Royal*, *Rocambole* trottaient en 1'34'' et au-dessous. Ces brillants résultats suffisent à montrer l'amélioration profonde subie par notre race de demi-sang et fournissent la meilleure preuve du succès continu obtenu par nos éleveurs. Les meilleurs trotteurs depuis 1870 sont : Kilomètre, Normand, Pourquoi Pas ?, Quinola, Beaugé, Cherbourg, Capucine, Qui Vive !, Virago, Joliette, Hémine, Harley, Ergoline, Pastille, Narquois, Lance-à-Mort, Rocambole, Senlis, Trinqueur, etc.

Depuis 1840, six étalons principaux ont contribué à l'amélioration de la race normande; ce sont :

THE HEIR OF LINE, pur-sang (1853), par Galaor et Mistress Walker, père de *Phaéton* et de *Modestie*;

CONQUÉRANT, demi-sang (1858), par Kapirat et Élisabeth, père de *Capucine* et de *Reynolds*;

LAVATER, demi-sang (1867), par Y, fils de Phœnomenon, et Candelaria; père de *Tigris*;

NORMAND, demi-sang (1869), par Divus et une fille de Kapirat, père de *Cherbourg* et de *Juvigny*;

REYNOLDS, demi-sang (1873), par Conquérant et Miss Pierce, père de *Fuchsia*, d'*Hémine*, de *Jachère*;

NIGER, demi-sang (1869), par Phœnomenon et une jument américaine, père de *Valencourt* et de *Fier-à-Bras*.

En résumé, ainsi qu'on a pu le voir au cours de cette étude, la race normande actuelle est la résultante de l'action de trois groupes différents de reproducteurs :

1° Les pur-sang anglais et arabes, dont les principaux étalons sont : *Eastham*, pur-sang anglais; *Napoléon*, pur-sang anglais, et son fils *Eylau*, pur-sang anglo-

(1) Jusqu'à 1870, les meilleures vitesses sont :

1859. Éclipse, 4 000 mètres en.	6'33''	1863. Bayadère, 4 000 mètres en.	7'10''
1861. Fridoline, —	7'05''	1868. Modestie, —	7'04''
1862. Miss Pierce, —	6'41''	1869. Hersilie —	6'34''

arabe; *Royal-Oak*, pur-sang anglais; *Tipple-Cider*, pur-sang anglais; *Sylvio*, pur-sang anglais; *Massoud*, pur-sang arabe et *The Heir of Line*, pur-sang anglais;

2° Les demi-sang anglais : *Y. Rattler*, l'ancêtre de Conquérant et de Normand, *The Black-Norfolk-Phœnomenon*, avec son fils Niger;

3° Les demi-sang normands trotteurs : *Phaéton*, *Conquérant*, *Normand*, *Lavater*, *Tigris* et *Niger*.

Aujourd'hui la race normande peut être considérée comme à peu près confirmée; ses caractères tendent de plus en plus à se fixer, elle se suffit presque entièrement à elle-même et n'a plus recours qu'à de rares intervalles à l'intervention du pur-sang.

ÉPREUVES D'ÉTALONS. PRÉSENTATION A LA REMONTE DES HARAS

Les épreuves d'étalons ont lieu chaque année, à la fin de septembre, sur le vaste hippodrome de la prairie de Caen. Bien que n'attirant pas une affluence considérable de visiteurs, comme les courses du mois d'août, ces épreuves n'en ont pas moins une extrême importance au point de vue de l'élevage du demi-sang dans la plaine. Elles sont réservées aux poulains entiers de 3 et 4 ans; parmi les prix les plus importants, citons le prix du Record et le prix de l'Administration des Haras; le prix de l'Avenir réunit un nombre considérable d'engagements (plus de 400), car cette épreuve, d'une distance de 4000 mètres, sert à qualifier les étalons qui y participent pour l'achat par les Haras.

La commission d'achat pour la remonte des Haras se tient à l'école de dressage de Caen; les achats commencent vers le 15 octobre. Les étalons de demi-sang présentés à cette Commission doivent avoir subi leurs épreuves avec une vitesse minima de 14 minutes pour les chevaux de 3 et 4 ans par 4000 mètres, ou 3 minutes 30 secondes par kilomètre. Pour les chevaux qualifiés trotteurs, le record exigé est ainsi fixé :

3 ans: 1'46" le kilomètre, ou 7'04" les 4000 mètres;

4 ans: 1'43" 1/2 le kilomètre ou 6'54" les 4000 mètres;

5 ans et plus: 1'40" le kilomètre ou 6'40" les 4000 mètres (1).

Pour les chevaux ayant couru attelés, la vitesse exigée est de 4" 1/2 par kilomètre moins grande que celle exigée pour les chevaux montés.

En outre, les étalons doivent être présentés montés.

Les éleveurs commencent à préparer deux mois à l'avance les étalons qu'ils présenteront à la commission; on les nourrit au maximum; on leur donne généralement 10 litres d'avoine, 7 kilogrammes de foin, de l'eau blanche et de la

(1) En 1890, le record exigé était seulement de 7'28" pour les chevaux de 3 ans, de 7'10" pour ceux de 4 ans et de 7' pour ceux de 5 ans.

paille à discrétion. Puis avant de présenter le cheval, on procède à sa « toilette » ; les longs poils du nez, des ganaches, des oreilles, sont brûlés ; si la bête a du gros et que la saison le permette on la tond ; le toupet, la crinière, la queue sont éclaircis avec une griffe en fer, les fanons coupés aux ciseaux. Après l'excision des chignons, châtaignes, ergots, le maréchal-ferrant procède à l'embellissement du pied, en raccourcissant le sabot, en le creusant en dessous et en diminuant le pourtour. L'animal ainsi préparé paraît plus fin, plus distingué et mieux musclé. La présentation des étalons à l'école de dressage de Caen est un spectacle

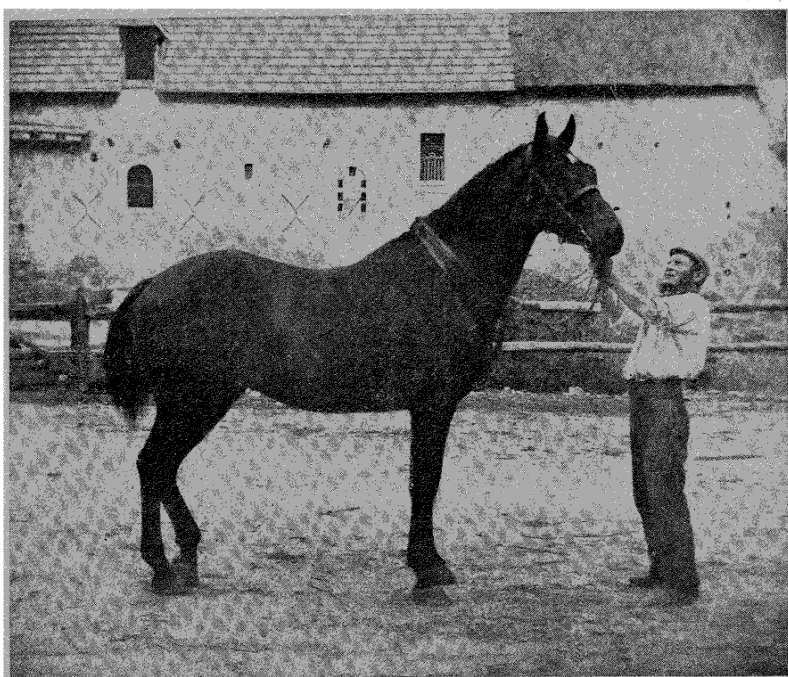


Fig. 28. — Cheval de demi-sang préparé pour les épreuves d'étalons.

fort curieux ; elle permet de se rendre compte de l'art déployé pour bien *présenter* le cheval et mettre en relief toutes ses qualités.

Chaque année la Commission des Haras achète à Caen environ 170 étalons, pour une somme de plus d'un million ; en 1893, ses achats se montaient à 153 chevaux, représentant une valeur de 968 600 francs ; cette année (1900), elle a acquis 177 étalons pour la somme de 1 166 000 francs.

Ce débouché rémunérateur a incité les éleveurs à produire de plus en plus d'étalons et les présentations atteignent tous les ans le chiffre de 500 ; 320 à 340 chevaux restent donc dans les mains de leurs propriétaires.

ACHATS DE LA REMONTE

Les achats de la remonte militaire ont été l'objet de nombreuses critiques. D'après certains hippologues, la remonte aurait le tort d'acheter des chevaux à peine âgés de trois ans et de dégarnir les écoles de dressage ; les chevaux achetés à cinq ans résisteraient davantage que ceux achetés à trois ans et demi et passés par les dépôts de transition. Mais les achats à cinq ans ne feraient nullement l'affaire des cultivateurs de la Plaine de Caen et auraient de plus pour conséquence des immobilisations et des encombrements regrettables. D'autre part, les cultivateurs sont unanimes à se plaindre des prix d'achats de la remonte. En majorant les prix de certaines catégories dans une notable proportion, la remonte pourrait s'assurer l'achat des chevaux marquants, que la modicité des prix actuels lui interdit de trouver, et favoriserait ainsi leur production en ouvrant un débouché avantageux aux éleveurs. Les officiers se plaignent beaucoup et à juste titre de la qualité des chevaux de tête envoyés au corps, mais tout le monde reconnaît que les prix maxima affectés à ces achats sont insuffisants. Il est nécessaire d'augmenter surtout les prix des chevaux de tête et de les graduer à l'âge, au degré de sang, d'éducation et d'utilisation du sujet. On a proposé de n'acheter que des chevaux de cinq et de six ans, en les majorant jusqu'à 600 francs pour les chevaux de tête et jusqu'à 150-200 francs pour ceux de troupe ; cette majoration donnerait, pour l'ensemble, une moyenne inférieure à la moitié des dépenses occasionnées, si la remonte achetait ces chevaux à trois ans et demi ou quatre ans ; les éleveurs devraient alors s'occuper eux-mêmes de l'éducation de leurs jeunes animaux.

Mais la remonte, comprenant la nécessité d'encourager la production du cheval d'armes, a augmenté sensiblement ses prix depuis quelque temps ; les prix qui, autrefois, étaient compris entre 800 et 1 000 francs, dépassent maintenant 1 000 francs et vont parfois jusqu'à 2 000 francs.

(A suivre.)

HYGIÈNE

NOTICE MONOGRAPHIQUE SUR LES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS,

PAR **M. Paul Vincey** (1).

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU

Le projet de *régime nouveau*, dont la description suit, remplit la plus grande partie de ces *desiderata*. Il repose sur la base originale trilogique ci-après :

Collecte de nuit;

Évacuation nocturne et mécanique;

Formation de dépôts temporaires pour l'agriculture ou établissement des usines de broyage, loin des groupements d'habitation.

La *collecte* s'effectue en trois temps successifs, de 10 heures du soir à 5^h30 du matin. A cet effet, ainsi qu'il est indiqué au plan ci-contre, Paris est divisé en trois *zones* concentriques. Dans la zone externe, allant généralement de l'enceinte fortifiée aux boulevards extérieurs, limites du Paris de 1860, la collecte a lieu de 10 heures du soir à 12^h30. A part le XVII^e arrondissement, faisant exception, la deuxième zone part des limites de la précédente, pour finir à environ 4 500 mètres dans la direction interne; la collecte s'y effectue de 12^h30 à 3 heures du matin. La troisième zone comprend le cœur de Paris, sur les deux rives de la Seine; la collecte s'y exécute de 3 heures à 5^h30 du matin.

Ces trois zones concentriques ont été déterminées en vue d'établir entre elles, non une égalité de superficie, mais une égalité de production volumétrique des ordures ménagères.

Les mêmes équipes d'hommes et de chevaux, travaillant ainsi consécutivement sept heures et demie, font successivement la collecte dans les trois zones

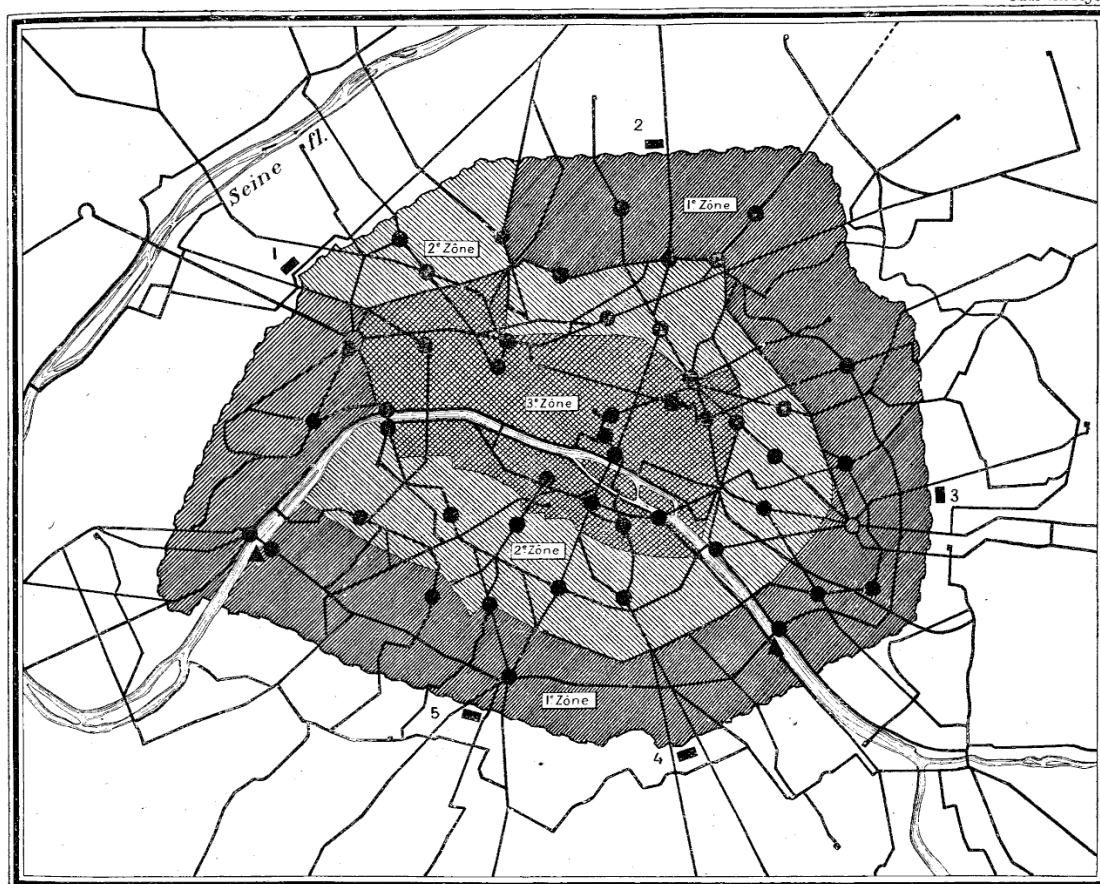
(1) Voir le *Bulletin* d'août 1900.

ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU

Collecte nocturne-Evacuation mécanique

Paul Vinces



Ch. Labau del.

LÉGENDE

— Voies de tramways.

● Groupements (53) des voitures de collecte (par 4) pour la formation des trains (106) de l'évacuation.

▲ Ports d'embarquement (2).

■ Remisages (5) des chevaux (400), des voitures-wagons (630) et des locomotives.

1^{ère} Zone : collecte de 10^h à 12^h30

2^{ème} id. : id. 12^h30 à 3^h.

3^{ème} id. : id. 3^h à 5^h30.

concentriques, en commençant par celle de l'extérieur. La collecte affecte ainsi une allure régulièrement centripète.

Nonobstant ces trois zones de collecte, Paris est également divisé en cinq *secteurs*, à peu près égaux en importance de production d'ordures, qui constituent des *lots* ou unités d'opération. Chaque lot se suffit à lui-même, au double point de vue de la collecte et de l'évacuation.

Ainsi qu'il est mentionné au plan reproduit ci-contre, chacun de ces secteurs correspond à un *remisage*, généralement établi en dehors des portes de Paris, dans la zone militaire, vers les voies de grandes lignes des tramways de pénétration. Chaque secteur est établi de telle sorte qu'il comprend, au point de vue de la production des gadoues, trois portions à peu près égales de chacune des trois zones concentriques de la collecte.

Pour ce qui est de la collecte seulement, chacun de ces cinq remisages indépendants abrite journellement la cavalerie et les véhicules de cette opération.

Une *équipe* de collecte est habituellement composée de cinq personnes : un conducteur, à l'entreprise; un chargeur, un chiffonnier, une retrousseuse et un sorteur, à la régie; de deux forts chevaux et d'une voiture, à caisse métallique très étanche, basse et pouvant être bâchée, à l'entreprise.

La voiture est du type camion à caisse. Elle a entre autres quatre roues à jante plate, à la voie de 1^m,44. Au temps de la collecte, le train antérieur est mobile autour d'une cheville ouvrière axillaire. La caisse de ce véhicule a une capacité un peu supérieure à 6 mètres cubes et peut contenir très facilement 3 tonnes, 6 de gadoue, à densité moyenne.

Le *sorteur-boîtier*, communément le cantonnier de la rue, personnage nouveau et en régie de la collecte, a pour mission de sortir les boîtes de leur logement et de les déposer sur la bordure du trottoir, à la façon habituelle.

Si le chiffonnage doit être conservé dans la rue, ce qui est probable, dans son service, le sorteur précède d'une heure l'équipe de la collecte. Pour le cas des plus aléatoires où il serait décidé que le chiffonnage pût être banni de Paris et transporté à la campagne, dans les *usines* ou *dépôts*, le sorteur ne précéderait l'équipe de collecte que d'un quart d'heure environ, juste le temps qu'il faudrait pour que l'escouade ne chômât pas.

Vers 9^h,30 du soir, moins le sorteur précédant, l'équipe complète quitte le remisage. A 10 heures, elle commence le travail à l'origine du premier *itinéraire* de collecte, dans la première zone, vers les fortifications. Après avoir parcouru environ 2 kilomètres de rues, à 12^h,30, le chargement de la voiture est achevé.

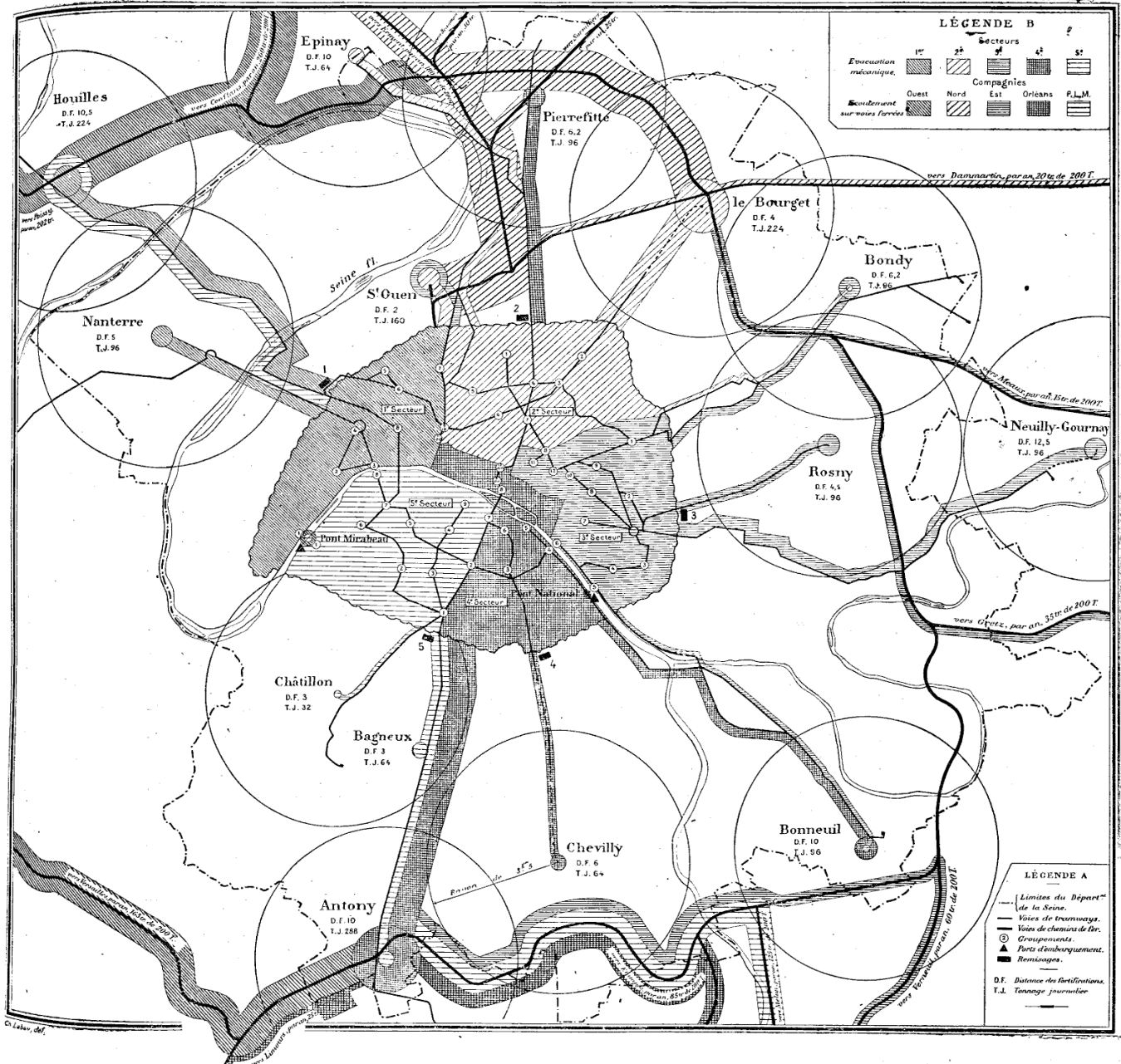
En ce moment de fin de collecte, les voitures chargées sont rassemblées par séries de 8 en des lieux de *groupement*, qui seront décrits plus loin, au début du temps de l'évacuation.

ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU

Evacuation mécanique - Ecoulement sur voies de terre, de fer et d'eau.

Paul Vigny



Au point de groupement, les chevaux, dételés des voitures chargées, sont attelés sans désemparer à d'autres véhicules semblables et vides, qu'ils y rencontrent.

Pour chaque équipe, à ce moment de 12^h,30, commence une nouvelle opération de collecte, pour un deuxième itinéraire, dans la zone correspondante. Dans les mêmes conditions que précédemment, ce nouveau travail est achevé à 3 heures.

Alors commence, pour un troisième itinéraire, dans la dernière zone, une ultime opération, qui prend fin à 5^h,30 du matin.

Le chargeur concourt au déversement des ordures dans la voiture. Mais son service est plus spécialement de rentrer les boîtes déchargées, dans leurs logements ordinaires.

Les attelages sont rentrés aux remisages vers 6 heures du matin.

Tout Paris est ainsi divisé en 467 itinéraires, correspondant bien à un volume journalier de 2775 mètres cubes de gadoues.

Chacun des 5 secteurs, correspondant à un remisage, comprend donc en moyenne 94 itinéraires de collecte.

Mais comme la même escouade parcourt successivement 3 itinéraires, le nombre total des équipes est de 157, soit de 32 en moyenne par unité de secteur ou de remisage.

Rapporté à l'une moyenne des 3 zones, le nombre des équipes est de 53.

L'arrondissement normal, noyé dans les secteurs, correspond à un volume d'ordures de 139 mètres cubes, soit à 23 des itinéraires nouveaux.

Le personnel d'enlèvement se divise en deux groupes, celui affecté aux remisages et celui de la collecte proprement dite.

Dans chaque remisage, il y a généralement un chef de secteur, un piqueur, un concierge, et 6 palefreniers, ces derniers pouvant devenir charretiers supplémentaires.

Toutes ces personnes, au nombre total de 56 pour Paris, soit de 11 par secteur, appartiennent à l'entreprise, à laquelle il convient de joindre les 157 charretiers de la collecte.

A l'entreprise, les personnes des remisages et de la collecte atteignent le chiffre de 213 pour tout Paris, soit de 43 par secteur moyen.

Pour la collecte, les personnes de la régie sont au nombre de 628 pour toute la ville, ou de 128 par secteur normal.

Chacune des 157 équipes correspond à un attelage de deux chevaux. Pour tout Paris, la cavalerie d'activité est de 314 animaux. Il convient d'y ajouter 86 bêtes de réserve, pour les renforts, les services supplémentaires ou accidentels et les infirmités temporaires.

La cavalerie totale de la collecte est donc de 400 chevaux, soit 80 en moyenne par secteur ou remisage.

Pour l'un des trois temps successifs de la collecte, ou une zone, le nombre des voitures est de 157 également, soit 32 par secteur.

Il convient de remarquer que, dans le 4^e secteur, pour le 1^{er} arrondissement, quartier des Halles Centrales, la collecte doit être obligatoirement diurne, en ce qui concerne les ordures du grand marché.

Chaque jour, 22 voitures doivent ainsi, enlever les 130 mètres cubes de gadoue récoltés aux Halles. 31 personnes et 20 chevaux y sont spécialement affectés. Les uns et les autres ont été compris dans les décomptes précédemment mentionnés.

Le tableau reproduit, pages 516 et 517, résume les conditions générales de la collecte, en tant que répartition des arrondissements de Paris entre les divers secteurs, emplacement des remisages, statistique des gadoues, suivant les itinéraires, les secteurs et les zones, temps de la collecte, cavalerie, personnel général, et matériel de collecte correspondant à une zone.

Ainsi qu'on en juge, la collecte nocturne, à la façon ci-dessus décrite, permet de n'entraver aucunement le chiffonnage dans Paris. Pour cette intéressante opération, la seule modification que le système proposé rende obligatoire est, pour une même durée, la substitution du chiffonnage nocturne au chiffonnage diurne actuel. Dans l'ensemble des itinéraires de collecte, également répartis dans les trois zones successives, les chiffonniers doivent seulement travailler dans la rue durant l'heure qui précède le passage des voitures.

Étant connues les habitudes nocturnes de la population parisienne, spéciales à chacune des trois zones concentriques, on comprend également que, pour ce qui est de la rue, sans gêne sensible, la collecte puisse se faire aux heures antérieurement indiquées.

La modification la plus sensible, que le régime de collecte proposé puisse apporter aux coutumes des habitants de Paris, est relative à la sortie des boîtes des maisons à des heures de la nuit.

Aux États-Unis d'Amérique, la ville de Philadelphie offre un exemple de la collecte nocturne des ordures ménagères ou *garbage*. Les cendres provenant des foyers y sont bien enlevées de jour, à la façon parisienne. Mais le garbage de cuisine, les balayures et tous les autres résidus combustibles y sont collectés de toutes les maisons, sans frais, six fois par semaine, entre 6 heures du soir et 5 heures du matin. Le dimanche, le garbage n'est pas enlevé. Ainsi que le rapporte M. A. Livache, aux termes des arrêtés municipaux, dans cette ville, tous les garbages et résidus combustibles doivent être conservés et collectés de manière à ne pas nuire à la santé publique. A cet effet, *ils sont disposés dans des*

Collecte dans Paris.

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU POUR LES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS. 517

SECTEURS.		STATISTIQUE DES GAOUES.									
N ^o	REMARQUES.	PAR ARRONDISSEMENT.			PAR SECTEUR.		PAR ZONE.		DÉP. DE LA		
		N ^o .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .	Volume de gaoes, en m ³ .
1	Porte des Termes.	XVI XVII VIII	120 160 125	20 27 21	405	68	435	23	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00
2	P ^{re} de la Chapelle.	XVIII XIX IX X II	115 115 140 160 130	19 19 23 27 20	650	110	217	38	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00
3	Porte de Montreuil.	XX XII XI III	160 95 200 135	27 16 34 23	590	100	197	34	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00
4	Porte d'Italie.	XIII V IV I (1/2) XIV (2/3)	95 140 130 130 56	16 23 20 22 9	541	90	180	30	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00
5	Porte d'Orléans.	XIV (3/5) XV VII VI	84 130 140 115	14 20 23 20	439	77	133	26	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00	10 00 12 30 3 00
4 bis	Porte d'Italie. . . (Collecte directe des Balles)	I (1/2)	130	22	130	22	130	6	Toute la		
TOTAUX.		»	2775	467	2775	467	»	157	»	»	»
MOYENNES.		20	139	23	533	$\frac{94}{3} = 31$	»	53	»	»	»

COLLECTE.				CAVALERIE.			PERSONNEL.										NOMBRE des BOUVES et des VOITURES.
DÉB.		ACTIVITÉ.		RÉSERVE.	TOTAL.	DES RÉMISES.				DE LA COLLECTE.							
Par sect.	Par zone.	TOTAL.				EXPENSES.				NOMB.							
h.	h.	TOTAL.				NOMB.				NOMB.							
7 30	2 30	TOTAL.				NOMB.				NOMB.							
7 30	2 30	46	14	60	1	1	1	6	23	23	23	23	23	23			
7 30	2 30	76	24	100	1	1	1	10	38	38	38	38	38	38			
7 30	2 30	68	20	88	1	1	1	10	34	34	34	34	34	34			
7 30	2 30	60	10	70	1	1	1	8	30	30	30	30	30	30			
7 30	2 30	52	10	62	1	1	1	6	26	26	26	26	26	26			
7 30	2 30	46	8	54	1	1	1	6	22	22	22	22	22	22			
7 30	2 30	34	86	400	36	36	36	40	137	137	137	137	137	137			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80	1	1	1	8	32	32	32	32	32	32			
7 30	2 30	63	17	80													

réipients étanches, fermés, pouvant être commodément et rapidement enlevés par un homme et placés en des points facilement accessibles aux employés de la collecte.

M. Livache donne également le renseignement que *généralement les garbages sont placés dans un couloir débouchant en avant de la maison, sous la voie publique; du dehors, en soulevant une plaque, on peut enlever le contenu des réipients, à une heure quelconque.*

Il convient aussi d'ajouter que le mode habituel de construction des maisons, à Philadelphie, favorise particulièrement l'établissement de la *logette à boîte d'ordures*, qui est ci-dessus décrite.

Dans les rues de Londres, il existe aussi des logettes destinées à recevoir le produit du balayage diurne et accidentel de la rue. Elles sont établies sur le trottoir, vers sa bordure et la chaussée.

A Paris, des logettes analogues ne pourraient être habituellement aménagées que de l'une ou l'autre des manières suivantes : au-dessus du sol, en emprise sur le rez-de-chaussée, dans la maison; ou bien, dans la rue, sous le trottoir municipal, en bordure du mur de façade ou la chaussée.

Sans entrer dans de plus amples détails au sujet de la construction de ces logettes, on conçoit facilement qu'elles peuvent être aménagées sans trop d'inconvénients, pour ce qui est, soit dans la maison, soit dans la rue, de la salubrité, de la sécurité et de la commodité à l'usage. Dans l'un ou l'autre cas, du côté de la rue, des portes ou tampons métalliques appropriés assureraient la sécurité, pour la circulation.

Dans bien des circonstances, la municipalité pourrait concéder aux propriétaires des maisons le droit d'établir des logettes sous les trottoirs. On sait en effet, aux termes d'autorisation relative à la pose des canalisations d'électricité sous les voies publiques de Paris, que les fils de câbles enterrés ne peuvent être placés qu'à une distance minima de 1 mètre des façades des maisons. Il est vrai pourtant que la réserve de 1 mètre sus-mentionnée peut être réduite par le Conseil municipal, dans les voies pour lesquelles il est reconnu que la largeur des trottoirs est insuffisante.

Ce n'est pas dire que l'établissement de ces logettes doive être rendu obligatoire pour les maisons de Paris.

Par mesure d'autorité administrative, comme à Philadelphie, il conviendrait seulement d'édicter que les boîtes des maisons, avant les heures de leur sortie dans la rue pour le chiffonnage, *devraient être placées dans un endroit facilement accessible aux employés de la collecte municipale.*

Comme moyen d'application, aux propriétaires des maisons ou à leurs concierges délégués, il pourrait être laissé, suivant les cas, le choix entre l'un des trois procédés suivants : sortir eux-mêmes les boîtes aux heures conve-

nables; autoriser la sortie par le cantonnier de la rue, devenu sorteur-boîtier, ainsi qu'il a été indiqué précédemment; ou bien faire usage de la logette, dont le cantonnier susdit aurait également la clef, du côté de la rue.

Immédiatement après le passage de la voiture de collecte, par l'aide-chargeur, les boîtes seraient rentrées dans l'intérieur des maisons ou dans les logettes, accessibles de la voie publique.

De la sorte, les boîtes à ordures ne séjourneraient dans la rue que juste le temps nécessaire au chiffonnage et à la collecte.

Il appert que le cas le plus communément adopté serait celui où les agents de la collecte seraient autorisés à pénétrer dans les maisons pour la sortie et la rentrée des boîtes.

Sauf les heures auxquelles s'effectueraient ces opérations, les choses ainsi établies innoveraient peu, en comparaison de ce qui se passe actuellement dans la pratique. On sait en effet que, le plus habituellement, c'est le chiffonnier, agréé du concierge, qui sort la boîte, à l'heure nocturne ou très matinale du commencement du chiffonnage.

Dans la première zone, où la collecte commence à 10 heures, il pourrait être maintenu au besoin que le concierge doive assurer comme présentement la sortie de la boîte. La rentrée seule serait effectuée par le personnel de la collecte.

Pour la troisième zone également, la sortie seule de la boîte pourrait être pratiquée par les employés de l'enlèvement. Étant données les heures de l'opération, on conçoit que le soin de la rentrée du récipient puisse être laissé au concierge de la maison.

Aussi bien que dans l'état actuel des choses, à l'égard du chiffonnier, malgré le temps de nuit, il semble que les employés sorteurs et rentreurs des boîtes à ordures, pour le régime proposé, ne devraient pas susciter trop d'inquiétudes, en ce qui concerne la sécurité des maisons. Un personnel soigneusement choisi et cautionné, se faisant connaître des concierges, pourrait à ce sujet offrir une parfaite garantie.

Au point de vue de la sécurité de la rue également, il y a lieu de faire remarquer, aux heures de nuit, que la présence des équipes de la collecte doit être plutôt considérée comme avantageuse.

Sur les 1 000 kilomètres de voies publiques de Paris, il en est 200, soit un cinquième, qui sont ou seront parcourues par des rails de tramways, avant la fin de l'année 1900. Pour cette longueur de voies ferrées urbaines, 115 kilomètres, ou 58 p. 100 de la totalité, sont la propriété de la Compagnie générale des omnibus. Le restant se répartit entre les diverses autres Lignes, parmi lesquelles la Compagnie générale parisienne des tramways, l'Est parisien, la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine et la Compagnie Montreuil-Boulogne, viennent en premières lignes.

Après 1 heure du matin, alors que la circulation des tramways de voyageurs a cessé, les voies ferrées de la rue pourraient être empruntées par les voitures effectuant la collecte. Il ne manquerait pas d'en résulter une certaine économie dans la dépense de traction animale de ces véhicules. Pour ces voies ferrées, en effet, durant la collecte, un équipage de 2 chevaux pourrait assurer la traction de 2 voitures accouplées, sinon plus.

Au cas où les voitures de collecte, par une disposition spéciale qui sera envisagée dans la suite, emprunteraient les 200 kilomètres de voies ferrées urbaines, le tonnage kilométrique journalier sur rails, à cet effet, serait de :

$$1^{\text{t}},2 + \left(\frac{3^{\text{t}},6}{2}\right) \times 200^{\text{km}} = 600 \text{ tonnes kilométriques.}$$

Pour la collecte normale, sur rue ordinaire, l'équipage des 2 forts chevaux percherons, avec les nombreux arrêts que l'opération comporte, aurait à effectuer la traction d'un véhicule, dont le poids vide serait d'environ 1 200 kilogrammes, et le poids à la charge complète se trouverait être de 4 600 kilogrammes. On sait que pour 2 kilomètres environ d'itinéraire, le poids moyen de la gadoue collectée est de 3 600 kilogrammes, correspondant à 6 mètres cubes.

En faisant abstraction de la circulation éventuelle sur rails, pour la seule opération de la collecte, le tonnage kilométrique journalier moyen serait de :

$$1^{\text{t}},2 + \left(\frac{3^{\text{t}},6}{2}\right) \times 1000^{\text{km}} = 3\,000 \text{ tonnes kilométriques.}$$

Parmi les 157 équipages à 2 chevaux qui, en trois temps successifs et durant sept heures et demie, font journellement la collecte de tout Paris, un équipage normal effectue donc, sur roues, un travail moyen de 49 tonnes kilométriques, avec les nombreux démarrages que cette opération comporte.

Le tableau inséré aux deux pages 522 et 523 mentionne l'histoire de la production des gadoues, en volume et en poids, par rapport aux arrondissements, aux zones et aux secteurs de la collecte. Il indique aussi les lieux de Paris où s'effectue le groupement sur rails des véhicules de la collecte et où commence le deuxième temps de l'opération.

Outre les 4 roues plates de roulement, à la voie des rails de tramways, le camion surbaissé de la collecte, du côté droit seulement, possède une sorte de bipède latéral de 2 roues accouplées. Ces 2 roues supplémentaires portent un boudin de jante, correspondant à la gorge du rail. Mues par un levier, ces

2 roues de direction sur rails sont mobiles dans un plan vertical, pour une amplitude d'environ 0^m,20.

Au moyen d'un encliquetage spécial aussi, l'essieu portant les 2 roues antérieures du camion de collecte sur rue peut devenir inamovible, c'est-à-dire fixe et rigidement perpendiculaire à l'axe de traction.

Par ce double dispositif, roues directrices supplémentaires et encliquetage de l'essieu antérieur, le véhicule devient à volonté une voiture ordinaire de collecte sur rue et un wagon normal de circulation sur voie de fer.

Concernant le transport des voyageurs, à Bruxelles, il existe un type de voiture analogue, qui se trouve être, suivant les cas, un omnibus ordinaire ou une voiture de tramway. Elle parcourt, en effet, la plus grande partie de son trajet sur rails et le restant sur route ou rue ordinaires. Il est vrai que cette voiture bruxelloise mixte est à traction de chevaux.

Pour une conduite animale de collecte et une traction mécanique d'évacuation, au sujet de l'enlèvement des ordures de Paris, M. Canet, président de la Société des Ingénieurs civils de France, n'a pas hésité à déclarer que la construction du type de voiture mixte recherché est un problème de mécanique pratique très facilement réalisable.

Arrivées aux lieux de *groupement*, par séries de 4, les voitures de la collecte viennent se placer sur la voie de tramway. Par la descente des 2 roues supplémentaires de direction et par la manœuvre de l'encliquetage de l'essieu antérieur, les voitures chargées deviennent ainsi des wagons à marchandises accouplés, pouvant supporter la traction mécanique.

Contre toute attente des spécialistes, si la construction de la voiture mixte ne pouvait être réalisée, il serait encore loisible, pour des plates-formes d'égale élévation, de concevoir un glissement de la caisse chargée du truc de la voiture de collecte sur le truc du wagon de tramway, et cela sans augmentation du nombre prévu des véhicules d'enlèvement. Dans aucun cas, il ne saurait être question d'un transbordement malpropre dans la rue, des immondices des voitures de la collecte dans les véhicules de l'évacuation.

Une locomotive de tramway, du type habituel et d'un poids moyen de 13 à 15 tonnes, marchant à la vitesse de 12 à 15 kilomètres à l'heure, amène au groupement 4 voitures vides, pour la collecte successive, et emmène les 4 voitures chargées aux usines ou dépôts, au loin, en rase campagne agricole.

C'est ainsi que commence l'*évacuation* mécanique, ou deuxième temps de l'opération de l'enlèvement des gadoues.

L'évacuation, qui commence aux lieux de groupement dans Paris, finit aux *dépôts* dans la campagne.

Comme il est indiqué au plan graphique reproduit page 41, au nombre de 14, avec ou sans usines de transformation, les dépôts seraient placés à environ

Balance générale de la collecte.

522

HYGIÈNE. — OCTOBRE 1900.

COLLECTE PAR										GROUPEMENTS DANS LES SECTIONS DES VÉHICULES DE LA COLLECTE POUR LA FORMATION DES TRAINS.															
Numéros.	Remisages.	SECTEURS.				ZONES.				Numéros.	Emplacements.	Nombre de trains.	Numéros des dépôts correspondants.												
		Production de gadoues.				Numéros.	N ^{os}	Pourcentage en gadoues.	Numéros.																
		Volume. Mètres cubes.	Linéaires de 0 ^m 5.	Poids. Tonnes.	Véhicules de 3 ^e d.																				
1	Porte des Ternes.	405	68	243	68	1	XVI	100	1	Pont Mirabeau.	3	16													
							2	XVII	42	2	Place du Trocadéro.	2	5												
								3	XVII	88	3	Place de l'Alma.	2	5											
									4	XVII	88	4	Place de l'Étoile.	2	5										
										5	XVII	88	5	Boulevard Péreire, avenue de Villiers.	2	2									
											6	XVII	88	6	Place Malesherbes.	2	2								
												7	XVII	88	7	Avenue de Clichy, avenue de Saint-Ouen.	2	2							
													8	XVII	88	8	Place Saint-Philippe-du-Roule.	2	2						
2	Porte de la Chapelle.	650	110	390	110	1	XVIII	100	1	Rue Ordener, boulevard Barbès.	2	6													
							2	XIX	100	2	Rue de Flandre, rue de Crimée.	2	3												
								3	XIX	100	3	Rotonde de la Villette.	2	3											
									4	XIX	100	4	Place de la Chapelle.	2	6										
										5	IX	66	5	Place Pigalle.	2	3									
											6	X	80	6	Square Montholon.	2	8								
												7	X	80	7	Gare de l'Est.	2	3							
													8	II	100	8	Place de la République.	2	3						
														9	II	100	9	Boulevard Haussmann.	2	3					
															10	IX	34	10	Id.	2	3				
																11	IX	34	11	Id.	2	1			
																	12	X	20	12	Place de la Madeleine.	2	1		
																		13	X	20	13	Id.	2	1	
3	Porte de Montreuil.	590	100	354	100	1	XX	100	1	Rue des Pyrénées, rue de Ménilmontant.	2	8													
							2	XI	16	2	Boulevard de Charonne, rue de Charonne.	2	9												
								3	XI	16	3	Rue de Picpus, boulevard de Reuilly.	2	10											
									4	XI	16	4	Boulevard de Bercy, boulevard de Reuilly.	2	10										
										5	XII	60	5	Pont Tolbiac.	3	15									
3	Porte de Montreuil. (suite.)	590	100	354	100	2	XI	68	6	Place Mazas.	2	11													
							3	XII	40	7	Faubourg Saint-Antoine, rue Crozatier.	2	10												
								4	XII	40	8	Boulevard Voltaire, avenue Parmentier.	2	8											
									5	XI	16	9	Avenue de la République, rue Servan.	2	9										
										6	XI	16	10	Boulevard Richard-Lenoir, rue Saint-Sébastien.	2	9									
											7	III	100	11	Marché du Temple.	2	1								
												8	III	100	12	Boulevard du Temple.	2	1							
													9	XIII	66	1	Église Saint-Pierre de Montrouge.	2	4						
														10	XIV	30	2	Boulevard Saint-Michel, boulevard de Port-Royal.	2	12					
															11	XIII	34	3	Avenue des Gobelins, rue Monge.	2	12				
																12	XIV	10	4	Gare d'Orléans.	2	11			
																	4	Porte d'Italie.	541	90	90	2	XIV	10	5
3	V	50	6	Square Monge.	2	4																			
	4	V	50	7	Boulev. Saint-Michel, boulev. Saint-Germain.	2	4																		
		5	V	50	8	Rue Rivoli, boulevard Sébastopol.	2	4																	
			6	IV	100	9	Id.	2	4																
				7	I	50	10	Halles centrales.	2	4															
					8	I	50	11	Id.	2	4														
						9	XIV	48	1	Pont Mirabeau.	4	16													
							10	XV	80	2	Rue des Fourneaux, rue des Volontaires.	2	14												
								11	XIV	12	3	Avenue du Maine, rue Daguerre.	2	4											
									5	Porte d'Orléans.	439	77	275	77	2	XV							20	4	Rue de Rennes, boulevard Raspail.
3	XV	20	5	Boulevard des Invalides, rue Oudinot.	2	2																			
	4	VI	40	6	Boulevard de Grenelle, boulevard Garibaldi.	2	13																		
		5	VII	45	7	Avenue de Lamotte-Piquet.	2	2																	
			6	VI	60	8	Pont de l'Alma.	2								2									
				7	VII	55	9	Place Saint-Germain-des-Prés.								2	13								
					8																				
						4 bis	Porte d'Italie. (Collecte diurne des Halles.)	130								22	77	22	3	I	50	12	Halles centrales.	2	
5	TOTAUX.	2 775	467	1 664	467	»	»	2 000	56	(Dont 3 pour les 2 ports).	116	»													
1	MOYENNES.	553	94	333	94	»	20	100	11	»	23,2	»													

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU POUR LES ORDURES MÉNAGERS DE PARIS. 523

7 kilomètres des murs de Paris, en deçà et vers les limites du département de la Seine, à proximité de la double voie terrestre et ferrée de la Grande Ceinture.

Un simple coup d'œil sur la *carte monographique* des ordures ménagères de Paris, insérée ci-après, montre que ces dépôts, avec ou sans usines de traitement, sont situés le mieux possible, en vue de l'*écoulement* des gadoues à l'agriculture, soit par voie de terre soit par voie de fer.

Le tableau, annexé pages 522 et 523, indique le balancement général de l'évacuation mécanique.

On y remarque que, pour les 5 secteurs de la collecte, le nombre journalier des trains de 4 voitures serait de 116. Mais ce nombre doit être réduit à 106, parce que, rapporté à un jour moyen, 40 voitures de collecte, correspondant à 10 trains, s'en vont aux 2 ports d'embarquement, ainsi qu'il sera exposé ultérieurement.

Le nombre des trains d'évacuation est donc en moyenne de 21 par secteur ordinaire, correspondant à un remisage.

Un train normal d'évacuation est composé d'une locomotive et de 4 wagons. Il a 22 mètres de long. Vide, il pèse 20 tonnes. Avec une charge utile de 15 tonnes, son poids chargé est de 35 tonnes.

Pour toute la ville, les 106 trains journaliers, partant des 53 lieux de groupement urbain, pour être répartis entre les différents dépôts ruraux ou usines, parcourent journellement, et dans les deux sens, une longueur totale de 2 200 kilomètres de voies ferrées, soit 700 dans Paris et 1 500 hors Paris.

Le train moyen, à l'aller chargé et au retour à vide, parcourt 20^{km},8, soit 6^{km},6 dans Paris et 14^{km},2 hors Paris.

Il en résulte que le groupement moyen, dans Paris, est à 3^{km},3 en deçà des murs d'enceinte et que l'usine ou dépôt type est à 7^{km},1 au delà des portes de Paris, raccordements de voies compris. Depuis le groupement jusqu'au dépôt, l'unité normal de train, dans un sens seulement, opère une évacuation effective à 10^{km},4 de distance.

Les 106 trains d'évacuation, pour un parcours journalier de 2 200 kilomètres au total, effectuent un transport de 60 000 tonnes kilométriques, soit 22 000 à vide et 38 000 au chargé, ou bien encore 16 000 tonnes kilométriques utiles.

L'unité de train correspond à 572 tonnes kilométriques, soit 208 à vide, dans un sens, et 364 au chargé, dans l'autre sens, et 156 tonnes kilométriques utiles.

Le tableau inséré page 526, par secteur et pour l'ensemble, résume les conditions générales de longueurs parcourues et de tonnage kilométrique de la totalité des trains de l'évacuation. Il est extrait d'un tableau fort étendu relatif à la marche de chacun des 106 trains de tous les jours.

Évacuation. — Répartition par Compagnies.

COMPAGNIES.				NOMBRES DES SECTEURS.	NOMBRE DE TRAINS par jour.		DISTANCES PARCOURUES.			TONNAGE KILOMÉTRIQUE. par Compagnies												
NUMÉROS.	MÈRES.	NUMÉROS.	FILIALES de tramways.		Par secteur.	Par Cie de tramways.	Aller.		Aller et retour par Cie de tramways.	de tramways.	0/0	Mères.	0/0									
							Par	Par														
							km.	km.		Tkm.		Tkm.										
1	Cie G ^{le} des Omnibus.	1	Cie G ^{le} des Omnibus.	1	4	74	9,6	278,6	557,2	15 323	25	15 323	25									
				2	22		43,2															
				3	20		97,4															
				4	20		114,6															
				5	8		13,8															
2	Thomson-Houston.	2	Nogentais.	3	10	10	84,2	84,2	168,4	463	8											
				4	6		4,6															
				3	4		22							35,2	67,6	135,2	3 718	6				
				5	12		27,8							41 495	19							
				4	4		4									47,6	47,6	95,2	2 618	4		
5	4	4	9,6	9,6	19,2	528	1															
3	Traction.	6	Cie des tramways de Paris et du département de la Seine.	1	10	40	19,2	151,4	302,8	8 327	14											
				2	20		112,4															
				3	4		14,4															
				5	6		5,4															
				7	6		10							49,6	98,8	197,6	5 434	9				
8	4		49,2								23 705	39										
4	Société générale électrique.	8	Neuilly-Maisons-Laffitte.	1	8	14	74,8	137,8	275,6	7 579	12											
				5	6		63,0															
				9	6		6							34,0	34,0	68,0	1 870	3				
				10	6		6							9,0	9,0	18,0	495	1				
				11	6		6							34,0	34,0	68,0	1 870	3				
4	Société générale électrique.	11	Paris-Arpajon.	4	14	22	140,0	192,0	384,0	10 560	17	10 560	17									
				5	8		52,0															
				TOTAUX.			212							212	1110,6	1118,6	2221,2	61 083	100	61 083	100	
				Aller et retour																		
				106																		

Un train est composé de 1 locomotive et de 4 wagons; il a 22 mètres de long; vide, il pèse 20 tonnes; chargé, il pèse 35 tonnes; en gadoûe, il a une charge utile de 24^{m3} pesant 15 tonnes.

NUMÉROS.	SECTEURS. REMISAGES.	GROUPEMENTS		DANS LES DEUX SENS.					
		NOMBRE.	NOMBRE de trains.	LONGUEURS PARCOURUES.			TONNAGE KILOMÉTRIQUE.		
				Dans Paris.	Hors Paris.	Total.	A vide. (20 T.).	Au chargé. (35 T.).	Au total.
1	Porte des Ternes. . .	7	14	56,4	228,0	284,4	2 844,0	4 977,0	7 821,0
2	Porte de la Chapelle. .	13	26	200,0	240,8	440,8	4 408,0	7 714,0	12 122,0
3	Porte de Montreuil. . .	11	22	144,4	309,6	454,0	4 540,0	7 945,0	12 485,0
4	Porte d'Italie.	14	28	201,6	482,4	684,0	6 840,0	11 970,0	18 810,0
5	Porte d'Orléans. . . .	8	16	101,2	242,0	343,2	3 422,0	6 006,0	9 428,0
	TOTAUX.	53	106	703,6	1 302,8	2 206,4	22 064,0	38 612,0	60 676,0
	MOYENNES.	»	1	6,6	14,2	20,8	208,1	364,2	572,4

Le tableau reproduit page 525 indique la répartition des distances parcourues et du tonnage kilométrique de l'évacuation, entre les diverses Compagnies de tramways.

Une locomotive, travaillant en moyenne huit heures, arrive à desservir 4 trains, dans les deux sens, c'est-à-dire à effectuer un parcours d'environ 80 kilomètres. Arrêts compris, la vitesse prévue des trains est donc de 10 kilomètres à l'heure seulement.

Les horaires de chacun des trains de l'évacuation ont également été étudiés dans le détail. De ce travail il résulte que 25 locomotives en activité assurent le service des 106 trains journaliers. En y joignant 5 machines de réserve, soit une par secteur, le nombre total des locomotives est porté à 30.

Aux 157 voitures mixtes comptées à la collecte, il convient d'en ajouter 424 semblables, pour les seuls besoins de l'évacuation. Il a ainsi été tenu compte, pour les nécessités du chiffonnage, qu'aucun wagon ne doive être déchargé la nuit dans les divers dépôts ou dans les usines de traitement.

Les locomotives et les wagons d'évacuation, de même que les chevaux et les voitures de la collecte, sont logés dans les 5 remisages, correspondant à chacun des 5 secteurs.

Sortis des remisages, les premiers trains d'évacuation pénètrent dans Paris à minuit 15. Partis des groupements de la troisième zone, les derniers trains quittent Paris à 6 heures du matin, au plus tard. A 8 heures, les locomotives, remorquant les voitures de la collecte du lendemain, peuvent être définitivement rentrées aux remisages.

Le personnel de l'évacuation est composé plus particulièrement de 25 mécaniciens conducteurs et de 25 chefs de trains. Il convient d'y ajouter 5 chefs

Évacuation. — Balancement des trains.

SECTEURS.		ÉVACUATION PAR		DISTRIBUTION DES TRAINS.																OBSERVATIONS.																
N ^o	REMISAGES.	Secteur.	Nombre de trains ($\text{voies} \times 3,6 - 14,4$) ($\text{voies} \times 6 \text{ m.} = 21 \text{ m.}$)	Zone (moyenne).	Dépôts.																															
					Avec GARE DE CHEMIN DE FER.																															
					POUR L'ÉCOULEMENT PAR VOITURE SEULEMENT.																															
					Saint-Ouen.		Houilles.		Le Bourget.		Antony.		Nanterre.		Epinay.		Pierre- fitte.		Bondy.		Rosny.		Neuilly- Gournay.		Bonneuil.		Chevilly.		Bagneux.		Châtillon.		Tolbiac.		Mirabeau.	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																
					POUR L'ÉCOULEMENT PAR VOITURE SEULEMENT.																Ports d'embarquement.															
1	Porte des Ternes..	17	6 6 5	»	»	8	»	»	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dont 14 trains seule- ment remorqués par machines; ceux de Mi- rabeau allant par che- vaux à la collecte.		
2	Pte de la Chapelle.	26	8 8 10	6	»	»	14	»	»	4	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dont 22 trains seule- ment remorqués par machines.	
3	Porte de Montreuil.	25	8 8 9	4	»	»	»	»	»	»	»	4	6	6	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dont 16 trains seule- ment remorqués par les machines.		
4	Porte d'Italie. . .	22	6 8 8	»	»	»	»	14	»	»	»	»	»	»	»	4	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dont 106 trains seule- ment remorqués par machines; les 10 autres allant directement aux 2 ports d'embarquement.		
5	Porte d'Orléans. .	20	7 7 6	»	6	»	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	4	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pour 130 mlt. cubes par jour dans les Halles centrales, on fait la collecte durant tout le jour.		
6	Porte d'Italie. . . (collecte directe des Halles)	6	6	»	»	»	»	»	»	»	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Dont 106 trains seule- ment remorqués par machines; les 10 autres allant directement aux 2 ports d'embarquement.		
7	TOTAUX. . . .	116	116	106	10	14	14	18	6	4	6	6	6	6	6	4	4	2	3	7																
8	MOYENNES. . .	23,2 21	7,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		

mécaniciens, à la disposition des machines de réserve, 5 chefs de remisage et 5 hommes de peine, chefs de trains auxiliaires.

Au total, 63 personnes concourent à l'évacuation.

Le tableau ci-dessous indique la répartition, entre les 5 secteurs, du matériel et du personnel de l'évacuation.

Évacuation. — Matériel et personnel.

SECTEURS.			MACHINES.		WAGONS.		PERSONNEL.				
NUMÉROS.	REMISAGES.	NOMBRE de trains.	ACTIVITÉ.	RÉSERVE.	ACTIVITÉ.	RÉSERVE ou ceux comptés à la collectivité.	CHEFS mécaniciens.	CHEFS de remisage.	MÉCANICIENS conducteurs.	CHEFS de trains.	HOMMES de peine.
1	Porte des Ternes.	14	3	1	56	23	1	1	3	3	1
2	Pte de la Chapelle.	26	6	1	104	38	1	1	6	6	1
3	Porte de Montreuil.	22	6	1	88	34	1	1	6	6	1
4	Porte d'Italie. . .	28	6	1	112	34	1	1	6	6	1
5	Porte d'Orléans. .	16	4	1	64	26	1	1	4	4	1
	TOTAUX. . . .	106	25	5	424	157	5	5	25	25	5
			30		581		63				

Dans le balancement général de l'évacuation, pour satisfaire aux besoins normaux actuels de l'écoulement par voie d'eau, il a été indiqué que 40 wagons se rendent chaque nuit aux 2 ports nouveaux d'embarquement, vers les ponts Mirabeau et de Tolbiac.

En réalité, selon les besoins de l'écoulement dans l'un ou l'autre de ces 2 ports, un bateau de 230 tonnes en moyenne est chargé entre 12 h. 30 et 6 heures du matin. Dans tous les cas, la péniche, chargée en moins de six heures, doit être sortie de Paris avant 8 heures du matin.

Dans l'un ou l'autre des 2 nouveaux ports il doit partir en moyenne un bateau de gadoue tous les deux jours.

Au lieu des ports actuels d'embarquement, des quais de Javel et du Pont-National, les emplacements nouveaux, à quelque 30 mètres des ponts Mirabeau

et de Tolbiac, ont été choisis parce qu'ils correspondent à des lignes de tramways de direction perpendiculaire au fleuve.

Les deux nouveaux ports d'embarquement seraient pourvus d'une plate-forme métallique et horizontale, allant de la chaussée du quai jusqu'au-dessus et en surplomb du bateau amarré. Les voitures de la collecte s'engageraient sur cette plate-forme, pour assurer le déchargement de leur contenu dans le bateau, par une trappe ménagée au fond de la caisse. Une trémie télescopée, allant de la plate-forme au niveau du bateau, empêcherait l'éparpillement des ordures au dehors.

Pour l'évacuation nocturne et mécanique des ordures ménagères, il serait fait utilisation des voies de tramways, actuellement établies ou bien en construction, dans Paris et dans la banlieue.

Il conviendrait seulement d'aménager en ville quelques raccordements ou aiguilles, comme d'installer en campagne des prolongements de lignes et des raccordements, pour pénétrer jusque dans les dépôts. Les uns et les autres ont été compris au devis ci-annexé.

Au point de vue de l'emprunt de leurs voies ferrées, les Compagnies des tramways de Paris et du département de la Seine se divisent en deux catégories : celles, à concessions anciennes, qui sont maîtresses absolues de leurs lignes, et celles, plus récentes, dans le cahier des charges type desquelles existe l'article 23 *bis*, qui prévoit éventuellement l'emprunt partiel des voies et le prix du péage correspondant.

Avec les premières, au nombre desquelles se trouve la Compagnie générale des omnibus, il faudrait passer des conventions amiables, dans le genre du traité du 17-30 mars 1889, entre la compagnie susdite et la Société du tramway de Paris à Arpajon, pour l'emprunt du tronçon de voie de la porte d'Orléans aux Halles centrales.

Relativement à ce traité, il convient également de faire remarquer que, nuitamment et mécaniquement, sur ses voies et sur celles de la Compagnie générale, le tramway d'Arpajon transporte déjà des marchandises : à l'évacuation, ce sont des fumiers ; à l'approvisionnement, ce sont des denrées potagères, que l'on décharge au carreau de la rue Baltard.

Pour l'évacuation mécanique des gadoues, sur les voies de tramways, le droit de péage *brut* aux différentes Compagnies peut assez plausiblement être d'ores et déjà indiqué comme avoisinant le prix d'un tiers de centime (0 fr. 0033) par tonne kilométrique. C'est ce prix de péage des voies qui est adopté au devis du présent avant-projet. On y remarquera que le droit de péage *utile* s'élève au prix de 0 fr. 018 à la tonne kilométrique.

Afin de justifier ce prix, il convient de faire remarquer, ainsi qu'il a été mentionné précédemment, que les Compagnies de chemins de fer, pour certaines

distances, transportent des gadoues au prix de 0 fr. 015 la tonne kilométrique. utile. Il ne s'agit pas ici d'un simple péage de la voie, mais bien de la totalité des frais généraux du transport, traction comprise.

Ainsi qu'il est indiqué au plan géographique reproduit page 513, l'évacuation prendrait fin aux 2 ports d'embarquement d'une part, et à 14 dépôts ruraux d'autre part.

Étant données les conditions actuelles de l'utilisation des gadoues de Paris, l'emplacement des 14 dépôts avait été déterminé de telle sorte, avec ou sans installation de broyage, qu'ils fussent placés pour causer la moindre gêne possible à la salubrité et pour être le mieux à la portée de l'écoulement, par voies de terre et par voies de fer, dans le temps présent et dans l'avenir.

En ce qui concerne l'hygiène publique, presque tous les dépôts auraient été situés en pleine campagne agricole, fort loin des centres habités et des voies de circulation publique. Dans un rayon d'un demi-kilomètre autour de la plupart de ces dépôts, on n'aurait pu rencontrer que quelques habitations, agricoles ou industrielles le plus souvent.

Au point de vue de l'écoulement par voies de terre, pour les communes intéressées de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, ces dépôts ruraux auraient été placés de telle sorte que les cultivateurs ne fussent jamais obligés de parcourir plus de 3 kilomètres pour leur approvisionnement de gadoues.

Parmi ces points limites de l'évacuation, tous placés en vue de l'écoulement agricole par traction animale sur voies de terre, outre l'usine de broyage de Saint-Ouen, 3 dépôts, beaucoup plus importants que les autres, avaient été conçus de façon à satisfaire à toutes les nécessités de l'écoulement sur les grands réseaux ferrés. On sait que cet écoulement est d'environ 30 pour 100 de la totalité des ordures ménagères de Paris.

Chacun de ces trois dépôts-gares, situés à Houilles, au Bourget et à Antony, aurait été pourvu d'un embranchement industriel de chemin de fer, le reliant à la Grande Ceinture. C'est par ce réseau mixte que se serait effectué le balancement général des gadoues sur les lignes des 5 Grandes Compagnies, ainsi qu'il est indiqué graphiquement au plan de l'évacuation.

Le tableau inséré page 531 mentionne la nature, l'emplacement et la distance de Paris de tous ces dépôts. De même que pour les deux ports d'expédition, en tonnes de gadoues, il indique également l'approvisionnement et l'écoulement de chacun d'eux.

L'un des plus grands avantages du projet de régime nouveau, en ce qui concerne la salubrité, était à coup sûr la suppression radicale de l'expédition des ordures dans les 12 gares parisiennes, qui ont été relatées précédemment.

Dans les 3 dépôts-gares nouveaux, avec le moins de gêne possible pour l'hygiène, en gadoue fraîche ou en gadoue faite et devenue inodore, à volonté,

Usine, Dépôts et ports. — Approvisionnement. — Écoulement.

USINE, DÉPÔTS ET PORTS.			APPROVISIONNEMENT			ÉCOULEMENT ANNUEL PAR VOIES				
NUMÉROS.	EMPLACEMENT.	DISTANCE des fortifi- cations.	NATURE.	JOURNALIER.		ANNUEL.	DE FER.		DE TERRE.	
				Nombre de trains de 41 t.	tonnes.		Tonnage.	Trains de 200 tonnes.	Département de la Seine.	Départements de Seine-et-Oise, Seine-et-Marne.
1	Saint-Ouen	2,0	Usine de broyage.	10	160	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
2	Houilles.	10,5	Dépôt-gare.	14	224	38 400	292	»	»	»
3	Le Bourget	4,0	Id.	14	224	81 760	234	»	35 040	»
4	Antony	10,0	Id.	18	288	81 760	350	11 680	6 000	»
5	Nanterre.	3,00	Dépôt simple.	6	96	105 120	350	14 682	20 358	»
6	Épinay.	10,0	Id.	4	64	35 040	»	34 040	1 000	»
7	Pierrefite.	6,2	Id.	6	96	23 360	»	5 360	18 000	»
8	Bondy.	6,2	Id.	6	96	35 040	»	30 040	5 000	»
9	Rosny.	4,5	Id.	6	96	35 040	»	28 040	7 000	»
10	Neuilly-Gourmay.	12,5	Id.	6	96	35 040	»	27 040	8 000	»
11	Bonneuil	10,0	Id.	6	96	35 040	»	»	35 040	»
12	Chevilly.	6,0	Id.	4	64	23 360	»	20 040	15 000	»
13	Bagneux	3,0	Id.	4	64	23 360	»	23 360	»	»
14	Châtillon	3,0	Id.	2	32	11 680	»	23 360	»	»
15	Tolbiac	»	Quai d'embarquement.	3	32	11 680	»	11 680	»	»
16	Mirabeau	»	Id.	7	64	23 360	»	»	»	11 680
TOTAUX		92,9		116	1 792	654 080 (1)	245 280	1 226	223 322	150 438
MOYENNES		6,6								35 040

(1) Ce chiffre est supérieur à 600 000, de celui représentant le tonnage de l'usine de Saint-Ouen, qui fait double emploi avec les 3 dépôts-gares. Il en est de même pour le chiffre du tonnage total sur voies de fer.

on aurait pu effectuer le chargement de trains complets de 20 wagons, pour 200 tonnes d'engrais. Un train de cette importance, par jour moyen et par dépôt, aurait suffi à l'écoulement de toutes les boues de Paris, circulant sur les 3 réseaux ferrés.

Ces trains de 20 wagons, complets au départ des 3 dépôts-gares, se seraient divisés dans les gares destinataires, selon les besoins du placement.

En raison de la suppression totale du chargement des ordures dans les gares urbaines, et surtout de la possibilité de ne transporter les gadoues que par trains complets, dans des wagons spéciaux si besoin, ainsi que la Compagnie de l'Ouest l'avait offert éventuellement à M. Yvert, il semble que les diverses compagnies de chemins de fer auraient ainsi pu consentir à des réductions de 25, sinon 50 p. 100, sur les prix du transport actuel, et ce, pour des distances utiles, c'est-à-dire inférieures à 50 kilomètres.

Comme les 3 dépôts-gares du régime nouveau auraient été situés à 8 kilomètres au delà de 12 gares actuelles d'expédition, pour les prix actuels, les gadoues auraient pu circuler à 8 kilomètres plus loin que présentement, sur les réseaux ferrés.

Des deux circonstances précédentes, il aurait résulté que, dans les limites des prix actuels de transport sur chemins de fer, l'horizon d'utilisation des gadoues en cultures éloignées aurait au moins doublé.

Voilà le moyen pratique tant recherché de favoriser l'écoulement des ordures de Paris sur les grandes lignes de chemins de fer.

C'est alors aussi qu'aurait été indispensable le *tarif commun* entre la Grande Ceinture et les autres compagnies de railways.

Tous ces dépôts, simples ou complexes, établissements insalubres ou incommodes de la première classe, auraient été pavés, enclos, boisés et couverts. Bien que les trains-tramways de l'évacuation n'y parvinssent que de 4 à 7 heures du matin, jamais le déchargement des wagons ne s'y serait effectué que durant le jour, pour assurer l'exercice du chiffonnage. Les wagons de l'évacuation y auraient été élevés mécaniquement sur une estacade, pour la commodité du déchargement, du triage, de la mise en tas ou du chargement en gadoue fraîche sur les wagons des chemins de fer.

A l'évacuation, depuis la sortie de la banlieue suburbaine jusqu'aux dépôts éloignés, en des lieux ruraux aménagés à cet effet, il est bien certain aussi que, directement ou par transbordement dans des véhicules agricoles, une partie des gadoues se serait directement écoulée dans ces régions intermédiaires, à la façon actuelle, sans atteindre les dépôts, limite extrême de l'évacuation.

Par la raison que les ordures sont produites et évacuées chaque jour et que leur enfouissement dans le sol n'a lieu que d'une façon intermittente, il a déjà été exposé à différentes reprises que le *dépôt* quelque part des gadoues est une

nécessité inéluctable, quel que soit le mode d'emploi ou de traitement, sauf l'incinération totale toutefois.

Lorsque ces dépôts sont situés à plus de 300 mètres des habitations et des voies publiques, et dans des régions purement agricoles, les inconvénients provenant des odeurs sont d'ailleurs à peu près complètement nuls. Il serait même à souhaiter que tous les établissements insalubres ou simplement incommodes, y compris les usines de broyage, du département de la Seine, fussent placés dans de telles conditions.

Dans aucun des dépôts projetés d'ailleurs, le stationnement des gadoues n'aurait jamais pu être tel que la quantité emmagasinée y fût supérieure à l'approvisionnement d'une quinzaine environ.

Le Conseil municipal a récemment décidé que les ordures ménagères des 10 premiers arrondissements de Paris seraient concédées à la *Société des engrais complets*, pour le *broyage*. Moyennant une redevance annuelle de 9 500 francs par arrondissement à ladite Société, les gadoues à broyer devraient être conduites, aux frais de la ville, dans 3 usines, parmi lesquelles celle actuelle de Saint-Ouen.

L'emplacement des deux nouvelles usines de broyage n'a pas été mentionné. Mais, pour éviter l'insalubrité, pour la commodité de l'écoulement par chemins de fer, et sans doute aussi pour permettre la formation de dépôts temporaires après la trituration, il semble que le lieu d'établissement de ces usines doive être recherché quelque part, dans des localités analogues à celles des dépôts-gares précédemment indiquées, vers la Grande Ceinture.

Qu'est-ce qu'une usine de broyage d'ailleurs, sinon un dépôt-gare, où la gadoue, après triage, est simplement triturée dans une trémie de transbordement, des véhicules de l'évacuation à ceux de l'écoulement?

Pour l'usine de Saint-Ouen, traitant seulement les ordures de 2 arrondissements, en vue de l'unique écoulement sur voies ferrées, les dépôts, obligatoires toujours, avaient lieu au delà des gares destinataires, c'est-à-dire à de grandes distances de Paris. Mais toutes les gadoues à broyer dans les deux nouvelles usines ne pourront suivre l'écoulement par chemins de fer. Les engrais qui en proviendront, à écouler partiellement par voies de terre, en attendant les labours d'enfouissement, devront bien être déposés quelque part, auprès des usines ou vers les limites du département de la Seine.

Au point de vue du séjour des gadoues, les nouvelles usines de broyage seront forcément dans des conditions absolument identiques aux dépôts-gares décrits précédemment.

La concession nouvelle aux usines de broyage ne touche en rien à la collecte et à l'évacuation des ordures ménagères. Elle n'a pour objet qu'un mode de traitement de la matière, postérieur à l'évacuation et antérieur à l'écoulement.

Elle est assurément fort intéressante, au point de vue agricole. Mais son action restera forcément nulle au point de vue de la salubrité dans Paris et dans la banlieue suburbaine.

Dans l'esprit des défenseurs des intérêts municipaux, cette concession amiable devrait avoir pour résultat de limiter la taxe d'écoulement et d'entraîner parallèlement une réduction des taxes de collecte et d'évacuation, pour les dix arrondissements dont les ordures seront ainsi aliénées.

Pour que les choses se passent ainsi, il faudrait qu'il fût bien démontré que, parvenue au terme de l'évacuation, telle qu'elle doit être comprise, la gadoue est encore le plus souvent une source d'embarras et de dépenses, entre les mains des entrepreneurs d'enlèvement.

Il est beaucoup plus probable au contraire que, conduites et déchargées dans les usines de broyage, de même que triées et mises en tas dans les dépôts, du *régime proposé*, les ordures ménagères représentent un engrais, dont la valeur marchande n'est nullement négligeable. Arrivée à ce terme, la gadoue, pour le moins, ne devrait plus être une occasion de dépenses pour la Ville de Paris.

L'assemblée municipale a également décidé que la collecte et l'évacuation des ordures ménagères de la capitale, par le procédé actuel, seraient à nouveau mises en adjudication pour une durée de cinq ans, avec un lotissement correspondant à la division administrative des arrondissements. La seule modification au régime ancien serait que, pour cinq arrondissements seulement, les voitures de la collecte devraient être étanches et couvertes, conformément à un modèle adopté par l'administration.

Les gadoues des dix premiers arrondissements seraient conduites, par les entrepreneurs adjudicataires, dans les trois usines de broyage, et cesseraient, par conséquent, de rester la propriété des collecteurs-évacuateurs.

Les ordures des dix derniers arrondissements seraient collectées, évacuées et écoulées à la méthode présente, et resteraient la propriété des adjudicataires d'enlèvement.

Préalablement à ces décisions de l'édilité parisienne, il a été fait la réserve expresse que l'adjudication d'enlèvement resterait sans résultats si l'ensemble des prix demandés, pour les vingt arrondissements, atteignait un chiffre dépassant la somme de 2 200 000 francs, montant des soumissions analogues pour la période de 1894-99.

C'est dans le cas où la prochaine adjudication d'enlèvement devrait rester sans application, qu'un *régime nouveau*, à l'entreprise ou à la régie, satisfaisant aux divers points de vue, pourrait être utilement envisagé.

Il faudrait moins d'une année pour l'aménagement total permettant de réaliser le régime proposé.

Quoi qu'il en soit, la prochaine adjudication montrera si la concession préjudicielle des gadoues au broyage doit avoir pour résultat une réduction des dépenses municipales, en ce qui concerne la collecte et l'évacuation. Les faits viendraient justifier les prévisions dans le cas seulement où les prix soumissionnés pour les dix premiers arrondissements, à aliénation onéreuse des gadoues, seraient inférieurs à ceux relatifs aux dix derniers lots d'adjudication, pour lesquels les ordures resteront la propriété des entrepreneurs.

Le présent projet de *régime nouveau*, purement théorique et spéculatif, avait été conçu et étudié, mais non encore publié dans ses détails, avant les décisions municipales du 13 avril 1900. Comme simple document technique de renseignement et de comparaison, cette étude a été modifiée depuis, dans le sens délibéré, relatif à la concession au broyage pour dix arrondissements.

Dans l'orientation dernière de cet avant-projet, il a été tenu en considération que les deux nouvelles usines de trituration à établir devraient tenir lieu de six des dépôts prévus, dont un dépôt-gare et cinq dépôts ordinaires. Les gadoues y seraient conduites comme il avait été prévu pour les dépôts ordinaires.

Au chapitre de l'écoulement, il ne reste donc plus en ligne, au lieu du nombre primitif de quatorze, que sept dépôts ruraux, dont deux avec embranchement et gare et cinq pour le simple écoulement par voies de terre.

Les deux dépôts-gares à conserver seraient situés, l'un au Nord, l'autre au Sud, aux limites du département de la Seine. Les cinq dépôts simples maintenus seraient répartis sur la même circonférence départementale, selon les nécessités de l'hygiène et les besoins de l'écoulement agricole, après consultation des populations régionales intéressées.

Sur les données ainsi décrites, pour les trois temps de l'opération, collecte, évacuation et écoulement, le devis des dépenses, pour une concession éventuelle de dix années, *compte capital* et *compte exploitation annuelle*, a été établi de la façon ci-après :

COMPTE CAPITAL

I. — Collecte.

REMISAGES

5 écuries pour 125 chevaux, 1 250 ^{m2} à 65 fr. le m ² , soit par écurie. . . .	81 250	
5 remises de 32 voitures-wagons : 500 ^{m2} à 65 fr. le m ² , soit par remise. . .	32 500	
5 cours pavées de 1 250 ^{m2} à 15 fr. le m ² , soit par cour.	18 750	
5 bâtiments de 100 ^{m2} à 100 fr. le m ² , soit par bâtiment.	10 000	
	142 500	
Total pour les 5 remisages.		712 500

	<i>Report.</i> . . .	712 500
CAVALERIE		
400 chevaux dont 86 de réserve à 1 200 fr. l'un.	480 000	
400 harnais dont 86 de réserve à 150 fr. l'un.	60 000	
Total pour la cavalerie.		540 000
MATÉRIEL		
550 voitures-wagons dont 84 de réserve à 2 000 fr. l'une.	1 100 000	
Mobilier et divers	20 000	
Total du matériel		1 120 000
FONDS DE ROULEMENT		
90 jours de rations à 2 fr. par jour-cheval.	72 000	
90 jours de salaires.	90 000	
Total du fonds de roulement.		162 000
IMPRÉVUS		
5 p. 100 des sommes ci-dessus.		126 725
Total général du capital collecte.		2 661 225

II. — Évacuation.

REMISAGES DE MACHINES		
5 remisages de 100 ^{m2} à 100 fr. le m ² , soit par remisage 10 000 fr.	50 000	
5 ateliers de 20 ^{m2} à 60 fr. le m ² , soit par atelier 1 200 fr.	6 000	
5 aménagements mécaniques à 15 000 fr. l'un.	75 000	
Total.		131 000
VOIES		
13 kilomètres de voies hors Paris à 40 000 fr. le kilomètre.	520 000	
Aiguilles, courbes et raccordements dans Paris.	150 000	
Total.		670 000
MACHINES		
30 locomotives de 13 000 kg. à 2 fr. 50 le kg.		975 000
FONDS DE ROULEMENT		
1 000 tonnes de charbon à 30 fr.	30 000	
90 jours de salaires	50 000	
Total.		80 000
IMPRÉVUS		
Estimation		153 775
Total général du capital de l'évacuation.		2 009 775

III. — Écoulement.

DÉPÔTS-GARES

13500 ^{m²} de terrain nu, nivelé et empierré, à 3 fr. 25 le m ²	44 000	
225 mètr. d'estacade avec dépôts à gadoues pour 30 jours couverts et pavés à 450 fr. le mètre courant.	101 250	
Bâtiments.	15 000	
500 mètr. de voie de chemin de fer à 100 fr. le mètre courant.	50 000	
300 mètr. de voie de tramway sur sol à 35 fr. le mètre courant.	10 500	
Aménagements mécaniques.	20 000	
2 chevaux harnachés.	4 250	
Outils et matériel.	14 000	
Total par dépôt	259 000	
2 grands dépôts ceintures.		518 000

PETITS DÉPÔTS

8700 ^{m²} de terrain à 4 fr. le mètre carré	22 800	
Bâtiments.	5 000	
95 mètres d'estacade à 450 fr. le mètre courant	42 750	
130 mètres de voie sur le sol à 35 fr. le mètre courant	4 550	
Aménagements mécaniques.	15 000	
2 chevaux harnachés.	4 250	
Outils et matériel.	5 000	
Total par petit dépôt.	99 350	
5 petits dépôts.		497 000

DÉPÔTS USINE DE BROYAGES

Voie de tramways et aménagements.	100 000	
2 dépôts ports, aménagements mécaniques.	50 000	

FONDS DE ROULEMENT

90 jours de salaires	100 000	
--------------------------------	---------	--

IMPRÉVUS

Estimation.	61 007	
Total général du capital de l'écoulement.	1 320 000	

EXPLOITATION ANNUELLE

I. — Collecte.

REMISAGES		
Entretien des remisages et location	36 525	36 525
CAVALERIE		
Nourriture de 400 chevaux à 2 fr. par jour-cheval.	292 000	
Renouvellement de la cavalerie (1/6).	80 000	
Entretien général de la cavalerie à 200 fr. par cheval-an.	88 000	
Entretien des harnais (1/6).	10 000	
Eau et éclairage.	25 000	
Total des frais de cavalerie		495 000
MATÉRIEL		
Entretien des voitures-wagons.	70 000	
Entretien du mobilier	5 000	
Total des frais d'entretien du matériel.		75 000
EXPLOITATION		
Personnel : 5 chefs de section à 3 600 fr. l'un.	18 000	
5 piqueurs à 2 000 fr. l'un.	10 000	
5 concierges de remisages à 1 800 fr. l'un.	9 000	
160 charretiers à 2 000 fr. l'un.	320 000	
Assurances, patentes, etc.	15 000	
Total des frais d'exploitation		372 000
IMPRÉVUS		
4 p. 100 des frais ci-dessus environ		13 000
FRAIS GÉNÉRAUX		
45 p. 100 des frais généraux totaux.		45 000
Total général des frais d'exploitation annuelle.		1 036 525
COMPTE CAPITAL		
Amortissement en dix ans et à 10 p. 100 de l'installation.	159 662	
Intérêt à 5 p. 100 du capital d'installation.	133 061	
Total des frais de capital.		292 723
Total général des dépenses de collecte des 600 000 tonnes.		1 329 248
Soit par tonne : 2 fr. 215		

II. — Évacuation.

REMISAGES DES MACHINES		
Entretien des immeubles (1/20).	2 800	
Entretien des aménagements mécaniques (1/15).	5 000	
Total.		7 800

PROJET DE RÉGIME NOUVEAU POUR LES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS. 539

VOIES

	<i>Report.</i> . . .	7 800
Entretien des voies hors Paris (1/20).	26 000	
— — dans Paris (1/15).	10 000	
Redevances aux compagnies de tramways de la Seine pour emprunt de voies à raison de 0 fr. 0033 par t. kilométrique, soit pour 22146 000.	73 800	
Total.		109 800

TRACTION

Entretien des machines (1/10).	97 500	
6 275 tonnes de charbon à 30 fr.	188 250	
Graisse, huile, chiffons et éclairage.	23 000	
Personnel : 5 chefs mécaniciens à 4 000 fr. l'un	20 000	
5 chefs de remisage à 2 400 fr. —	12 000	
25 mécaniciens à 3 600 fr. l'un	90 000	
5 aides de remisages à 1 800 fr. l'un.	9 000	
25 chefs de trains à 2 400 fr. l'un.	60 000	
Total.		501 750

IMPRÉVUS

Estimation.	36 260
---------------------	--------

PRAIS GÉNÉRAUX

30 p. 100 des frais généraux totaux	30 000
Total général des frais annuels d'évacuation.	689 497

COMPTE CAPITAL

Amortissement en 10 ans et à 10 p. 100 du capital d'évacuation. . . .	116 940	
Intérêt à 5 p. 100 du capital d'évacuation.	97 450	
Total.		214 390
Total général des frais annuels d'évacuation de 600 000 tonnes.		900 000

Soit par tonne : 1 fr. 50, pour 10 kilomètres,
et par tonne kilométrique de gadoue : 0 fr. 45
dont 0 fr. 018 par t. k. de gadoue, de redevance aux Compagnies de
tramways, dont on emprunte les voies, soit 12 pour 100 de la tota-
lité.

COMPTE EXPLOITATION

III. — Écoulement.

ENTRETIEN

Entretien des bâtiments (1/20 de 55 000).	9 750	
— de 925 mètres d'estacade (1/20 de 416 250).	20 842	
— de 1 250 mètres de voie (1/20 de 42 000).	2 138	
— de 1 000 mètres de chemin de fer (1/20 de 100 000).	5 000	
— des aménagements mécaniques (1/20 de 115 000).	5 750	
— du matériel (1/10 de 53 000).	5 300	
Nourriture et entretien de 14 chevaux à 1 000 fr. par cheval-an. . . .	14 000	
Éclairage, chauffage, etc. 1 000 fr. par dépôt.	7 000	
Total.		62 780

PERSONNEL ET MAIN-D'ŒUVRE

	<i>Report.</i> . . .	62 730
7 chefs de dépôt à 3 000 francs l'un.		21 000
7 concierges à 1 800 fr. l'un.		12 600
2 commis pour grands dépôts à 1 800 fr. l'un.		3 600
28 hommes de peine (4 par dépôt) à 2 000 fr. l'un		56 000
Triage et évacuation de 375 000 ^{m3} de gadoue à 0 fr. 15 le mètre cube.		56 250
Total.		149 450
IMPRÉVUS		
Estimation		20 610

FRAIS GÉNÉRAUX

25 p. 100 des frais généraux totaux	25 000
Total général des frais d'écoulement annuels.	257 810

COMPTE CAPITAL

Amortissement en 10 ans du capital de l'établissement.	122 900
5 p. 100 sur le capital	66 450
Total général des frais annuels d'écoulement.	447 160
Soit par tonne : 0 fr. 745	

FRAIS GÉNÉRAUX ANNUELS

Siège social.	10 000
Direction générale et administration.	30 000
Service de la collecte.	10 000
— de l'évacuation.	10 000
— de l'écoulement.	10 000
— de la comptabilité.	13 000
Fournitures	10 000
Patentes, impôts, assurances, divers.	7 000
	100 000

La partie budgétaire du projet, comptée très largement ainsi qu'on en peut juger, est résumée dans le tableau ci-après :

TEMPS de L'OPÉRATION.	COMPTE CAPITAL.			EXPLOITATION ANNUELLE.		
	Pour 600 000 TONNES.	Pour 1 TONNE.	POUR CENT.	Pour 600 000 TONNES.	Pour 1 TONNE.	POUR CENT.
	francs.	francs.		francs.	francs.	
Collecte.	2 661 225	4,44	45	1 329 248	2,215	50
Évacuation.	2 009 775	3,35	34	900 000	1,50	34
Écoulement.	1 329 000	2,21	21	447 160	0,745	16
TOTAUX.	6 000 000	10,00	100	2 676 408	4,460	100

Afin de rester dans des conditions de tous points comparables à celles du régime d'enlèvement actuel, dans le précédent projet de budget, il n'a été tenu aucun compte de la valeur et de la destination des gadoues, parvenues aux dépôts, d'une part, et du matériel pour les deux tiers amorti après concession, d'autre part.

Le tableau ci-après, extrait de la documentation antérieure, fait ressortir la comparaison du prix du transport des gadoues, à l'évacuation, par le procédé actuel, à traction animale, et dans le régime nouveau proposé, à traction mécanique. Il y a été joint des termes de même nature, à l'écoulement, par chemin de fer, sur la compagnie du Nord, pour des distances n'excédant pas 10 kilomètres.

MODES ou RÉGIMES.	PROCÉDÉS de TRACTION.	TEMPS de L'ENLÈVEMENT.	CONDITIONS ÉCONOMIQUES DU TRANSPORT.		
			DISTANCES UTILES.		PRIX à la tonne kilométrique.
			Kilomètres.	Prix correspondant.	
Mode actuel. . .	Animale.	Évacuation.	5	francs. 2,85	francs. 0,57
Régime proposé.	Mécanique.	Id.	10	1,50	0,15
Chemin de fer. .	Id.	Écoulement.	10	0,90	0,09

A l'évacuation, aller et retour compris, il y a lieu de remarquer tout particulièrement que, pour des conditions comparables, le régime proposé conduit les gadoues à une distance double de celle du procédé actuel, et que le prix du transport de la tonne kilométrique est de 0 fr. 15 dans l'un, et de 0 fr. 57 dans l'autre cas.

Il a été antérieurement établi que les dépenses de collecte, à la régie, pour des ouvriers payés 0 fr. 50 de l'heure, sont actuellement de 1 fr. 30 par tonne, soit de 780 000 francs pour les 600 000 tonnes annuelles de gadoues supposées.

Dans le projet de régime nouveau proposé, pour des chargeurs, chiffonniers et retousseuses travaillant 7 h. 30, et des sorteurs-boîtiers occupés 4 heures, les dépenses à la régie seraient les suivantes :

1°. $137 \times 3 \times 7,5 \times 0,5 \times 365 = 644\,881$ francs.

2°. $137 \times 1 \times 4 \times 0,5 \times 365 = 114\,610$ —

Total des frais annuels de collecte, en régie 759 491 francs, pour 600 000 tonnes.

Soit. 1 fr. 265 pour 1 tonne.

Tous ces agents en régie, de la collecte, pour achever leur journée de 10 heures, correspondant à un salaire de 5 francs, devraient être ensuite employés au balayage de la rue, comme dans l'état actuel.

On constate que le régime proposé n'aggraverait nullement, au contraire, les dépenses budgétaires de la Ville, en régie, pour ce qui concerne la collecte des ordures.

Les tableaux qui suivent, pour les différents temps de l'opération, collecte, évacuation et écoulement, au triple point de vue hygiénique, budgétaire et agronomique, résument les conditions générales que présentent les différents projets concernant les ordures ménagères de Paris, en comparaison du procédé actuel et du régime nouveau proposé.

Procédés avec propositions retenues.

TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS
Tableaux synoptiques de comparaison budgétaire.

Procédés sans proposition à retenir.

MODÈS ou RÉGIMES.	DÉPENSES A L'ENTREPRISE.				COMPARAISON BUDGÉTAIRE AVEC LE PROCÉDÉ ACTUEL. POUR TOUT PARIS, DANS UN AN.				OBSERVATIONS.
	POUR 1 TONNE.			POUR 600 000 TONNES par an.	ÉCONOMIE.				
	Collecte.	Transport. (1).	Total.		Somme.	P. 100.	Somme.	P. 100.	
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr.		Fr.		(1) Ou dépense correspondant pour traitement industriel.
Procédé actuel.	4,15	2,85	4,20	5,20	3 120 000	"	"	"	Pour l'avenir, incertitude de limitation des dépenses pour Paris, et surtout pour les centres habités, en raison de l'évacuation et l'écoulement.
Incineration (sans criblage) . . .	5,50	2,40	7,90	4 140 000	1 620 000	52	"	"	Très grosse augmentation de la dépense, en cas de gêne d'incinération. Pour l'avenir, incertitude de limitation des dépenses en ce qui concerne la collecte et l'évacuation.
Broyage (à Saint-Ouen)	3,50	0,35	3,85	"	"	"	"	"	La dépense de 3 fr. 50 de collecte, et surtout d'évacuation, élevée pour des usines plus éloignées de Paris et des centres habités, que au fait des dépenses pour le transport. Dépense fort variable en cas de généralisation au profit de l'incinération.
									</

Procédés avec propositions retenues.

TRAITEMENT DES ORDURES
Tableaux synoptiques de compa

ÉNAGÈRES DE PARIS
aison hygiénique et agricole.

Procédés sans proposition à retenir.

[illegible]

Au résumé, le projet de *régime nouveau*, nullement exclusif mais avantageusement complémentaire du broyage, qui a fait l'objet de la seconde partie de cette étude monographique, offre les avantages suivants, en comparaison du procédé actuel :

Limitation très sensible du séjour des ordures dans les maisons;

Dans la ville, substitution du chiffonnage nocturne, comme par le passé, au chiffonnage diurne actuel; chiffonnage complémentaire dans les dépôts;

Collecte nocturne et préalable à la toilette des rues de Paris;

Évacuation nocturne, mécanique, rapide et propre, dans des véhicules couverts et appropriés;

Suppression des inconvénients du passage diurne des voitures de l'évacuation dans la banlieue suburbaine;

Disparition radicale de l'embarquement des gadoues dans les 12 gares urbaines de marchandises, actuellement utilisées;

Amélioration très notable, quant aux temps, à la durée et à la propreté, des conditions de l'embarquement dans les 2 ports, conservés, mais déplacés;

Suppression des 5 grandes voiries actuelles; outre les 3 usines de broyage, leur remplacement par 7 dépôts nouveaux, dont 2 avec gares, tous clos et couverts, en pleine région agricole, à des distances beaucoup plus éloignées de Paris, des voies publiques et des groupes d'habitations;

Conservation intégrale des éléments de la fertilité pour l'agriculture;

Amélioration marquée du mode d'utilisation de ces engrais, par une judicieuse répartition géographique et par un triage dans les dépôts, simultané au déchargement;

Par l'embarquement dans les 2 dépôts-gares et l'écoulement par trains complets au départ, possibilité de réduction importante du prix de transport des ordures, pour des distances utiles; mais nécessité de prix commun entre la Grande Ceinture et les 6 Réseaux ferrés; pour les prix actuels de transport, extension considérable de la zone d'écoulement par chemin de fer.

Par réduction très grande du personnel et de la cavalerie d'enlèvement, certitude d'une économie budgétaire d'au moins 14 p. 100, en comparaison du procédé actuel, et possibilité d'une économie encore plus grande pour le cas d'augmentation de la durée de la concession, avec entreprise.

Enfin certitude absolue et unique de non-accroissement des dépenses d'enlèvement, sauf celui provenant de l'augmentation du tonnage, durant l'entreprise.

Ces importants et multiples avantages ne pourraient être obtenus que moyennant les deux inconvénients ou plutôt les deux modifications suivantes, aux habitudes actuelles de la population parisienne :

Obligation du chiffonnage nocturne dans la ville ;

Nécessité de sortir la nuit les boîtes des maisons, de les y laisser prendre, ou de faire usage des logettes, dans les conditions indiquées.

Pour conclure, en ce qui concerne le régime proposé, le problème se résume à apprécier si les avantages qu'il procure sont notablement plus étendus que les inconvénients qu'il occasionne.

Cette publication était utile pour que les intéressés en puissent juger en toute connaissance de cause.

Il convient d'ajouter aussi, pour les mêmes raisons de salubrité, d'économie budgétaire et d'agronomie, qu'il y aurait grand avantage également à utiliser les voies des tramways de pénétration pour l'évacuation des autres produits, non automobiles, de l'assainissement parisien.

Comme fret de retour, à cette évacuation mécanique d'assainissement, l'approvisionnement des halles et marchés, en denrées agricoles des régions desservies, suivrait tout naturellement.

Cet approvisionnement nocturne et mécanique, sur les voies des tramways de pénétration, conduirait nécessairement à une diminution du prix de revient des denrées alimentaires, sur les marchés parisiens. Par la réduction du nombre des voitures rurales d'approvisionnement, il permettrait aussi de restreindre l'encombrement des rues aux alentours des Halles centrales de notre grande et belle cité.

Mai 1900.

(A suivre.)

MÉTALLURGIE

SUR LA FONTE MALLÉABLE, par **M. H. Le Chatelier** (*Membre du Conseil*).

Cette note est destinée à servir d'introduction au mémoire de M. Ch. James dont je donne plus loin un extrait. On sait depuis longtemps que l'on peut adoucir considérablement la fonte blanche et supprimer sa fragilité par un recuit approprié. Cette propriété, découverte par Réaumur à la fin du siècle dernier, a été le point de départ d'une industrie assez florissante, mais qui a aujourd'hui perdu une partie de son importance par suite de la concurrence des moulages d'acier.

Il existe deux variantes de ce procédé d'adoucissement de la fonte. L'une, employée en Europe, donne le produit appelé *fonte malléable*. Elle consiste à recuire les moulages, obtenus avec une fonte blanche de composition appropriée, dans des caisses remplies d'oxyde de fer. La durée du recuit est d'une semaine, y compris la période initiale d'échauffement, et la température du recuit, voisine de 900°, plutôt un peu au-dessous. La seconde variante, employée aux États-Unis, donne le produit appelé *fonte à cœur noir*. Elle consiste à recuire les moulages, obtenus avec une fonte de composition semblable à la précédente, à une température un peu supérieure à 1000°, pendant quelques heures seulement; le procédé est plus économique, en raison de la durée moindre du recuit, mais d'un emploi très délicat, car, le recuit se faisant à une température très voisine de celle de fusion de la fonte, il suffit d'une très faible surélévation de la température pour déformer les pièces et même les détruire.

La théorie complète de ces opérations a été donnée, d'abord par M. Forquignon (1), puis précisée dans ces dernières années, par M. Royston (2).

L'adoucissement peut résulter de deux phénomènes différents :

- 1° L'oxydation du carbone, qui est ainsi complètement éliminé de la fonte;
- 2° La séparation du carbone combiné à l'état carbono-graphitique.

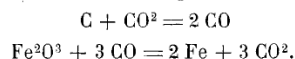
Ces deux phénomènes se produisent simultanément dans la fabrication de la fonte malléable, et le second seul dans la fabrication des fontes à cœur noir.

L'oxydation du carbone exige un recuit très prolongé pour donner au carbone le temps de se diffuser jusqu'à la surface extérieure des pièces, seul endroit

(1) *Ann. de Phys. et Chim.*, 3^e sér., t. XXIII, p. 433 (1881).

(2) *Iron and Steel Institute*, LI; 154 (1897).

où il puisse brûler. L'oxygène nécessaire à l'oxydation du carbone est fourni par le minerai de fer, mais seulement d'une façon indirecte, avec l'intermédiaire de l'acide carbonique. On a successivement les deux réactions :



Ces réactions sont incomplètes et donnent lieu à des phénomènes d'équilibre. Il reste en présence de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, mais la limite n'est pas la même pour ces différentes réactions. A 1000°, par exemple, d'après M. Stead la composition d'équilibre est, au contact :

	CO ²	CO
Du fer.	33	67
De la cémentite Fe ³ C	3	97
Du carbone.	0,5	99,5

On comprend ainsi comment il est possible d'oxyder le carbone sans oxyder le fer. Le mélange gazeux en équilibre avec l'oxyde de fer et le fer provenant de la réduction de cet oxyde n'a aucune action oxydante sur le fer, mais il a encore une action oxydante énergique sur le carbone libre ou combiné.

Le second phénomène intervenant dans l'adoucissement, la séparation du carbone à l'état graphitique est analogue au phénomène de cristallisation des solutions sursaturées. Les composés carbonés de la fonte sont des corps instables qui tendent à se dédoubler, au-dessous du point de récalescence, en carbone et fer pur; au-dessus de ce point en carbone et martensite, ou solution solide renfermant une proportion de carbone combinée variant depuis une teneur de 1,5 p. 100 vers 1000° jusqu'à 0,5 environ au point de récalescence, vers 700°.

Comme dans les solutions sursaturées, cette séparation du carbone se fait assez facilement une fois la réaction amorcée, une fois la production des premières parties de graphite obtenue. Elle est d'autant plus rapide que la température est plus élevée et la proportion du silicium contenue dans la fonte plus forte.

Les conditions pratiques à remplir pour obtenir, d'une façon industrielle, l'adoucissement de la fonte au moyen de cette seule réaction sont assez complètement exposées dans l'article suivant, extrait d'un mémoire paru récemment dans le journal du *Franklin Institute*.

SUR LE RECUIT DE LA FONTE BLANCHE, d'après M. Ch. James (*Extrait*) (1)

Cette étude sur le recuit de la fonte n'est pas le résultat d'expériences de laboratoire, mais bien le résumé d'une longue pratique industrielle.

Les fontes employées ont en moyenne les compositions suivantes :

	C. combiné.	Graphite.	Si	Mn	S	Ph
Fonte blanche..	3,50	0,50	0,50	0,26	0,08	0,08
Fonte grise. . . .	0,50	3,50	1,30	0,30	0,02	0,03

Les charges sont composées de :

Fonte blanche.	45 à 25 p. 100
Fonte grise	50 à 60 —
Déchets antérieurs.	20 à 30 —

Les proportions en sont réglées de façon que la teneur en silicium varie de 1,20 à 0,90 p. 100; les plus fortes teneurs en silicium étant employées quand on a besoin d'un métal très fluide.

La composition moyenne du mélange soumis à la fusion est la suivante :

Carbone.	3,40 à 3,86
Silicium.	0,90 à 1,20
Manganèse	0,35 à 0,20
Soufre.	0,05 à 0,04
Phosphore.	0,04 à 0,03

Le métal est fondu au four à réverbère; les charges varient de 3 à 5 tonnes. Le four est chauffé à la température de fusion avant l'introduction de la fonte; la durée de la fusion est de trois heures et demie. Une fois le métal fondu, le bain est agité pour rendre la masse bien homogène. On fait alors une prise d'essai et on examine l'aspect de la cassure, qui est encore plus ou moins grise. Suivant cet aspect, on prolonge le chauffage plus ou moins longtemps, de 30 à 45 minutes, jusqu'à ce qu'une nouvelle prise d'essai donne une cassure complètement blanche. On procède alors au moulage des pièces; la proportion de graphite n'y dépasse pas 0,5 p. 100. Voici la composition moyenne :

Graphite.	0,47
Carbone combiné.	3,02
Silicium	0,78
Manganèse.	0,12
Soufre.	0,05
Phosphore.	0,40

En rapprochant cette analyse de celle du mélange soumis à la fusion, on voit qu'une partie du silicium et du manganèse ont disparu par oxydation.

Les moulages obtenus comme il vient d'être dit sont ensuite soumis au recuit tantôt au contact direct de la flamme, tantôt enfermés dans des boîtes en fer. Le chauffage est un peu plus long avec les boîtes, mais il n'y a pas de différences dans le résultat obtenu. La durée du recuit varie de trois heures et demie à dix heures à partir

(1) *Journal of the Franklin Institute*, LXXV, 227 (septembre 1900).

du moment où la température voulue a été atteinte. La température de recuit est intermédiaire entre celles de fusion de l'argent et du cuivre, c'est-à-dire voisine de 1 020°.

La température à laquelle se produit la transformation du carbone varie avec la composition de la fonte, mais seulement dans des limites très resserrées, et en suivant parallèlement les variations du point de fusion. Le changement d'état du carbone se produit d'une forme progressive, mais simultanément dans toute l'étendue des pièces. Il semblerait alors que la vitesse de cette transformation dût être indépendante des dimensions des moulages; il n'en est rien, les grosses pièces demandent un recuit plus prolongé.

Le seul changement produit par ce recuit est le passage du carbone de l'état combiné à l'état libre ou graphitique, comme le montrent les analyses.

	C. combiné.	Graphite.	Si	Mn	S	Ph
Avant recuit. .	2,60	0,72	0,71	0,110	0,045	0,009
Après recuit. .	0,82	2,75	0,73	0,108	0,040	0,039

Cette transformation du carbone se fait plus ou moins facilement suivant la proportion des autres éléments contenus dans la fonte.

Le rôle du phosphore est nul, au moins dans les limites de teneurs qui se rencontrent habituellement. Le rôle du soufre n'est pas nul, mais son étude n'est pas encore terminée.

Le silicium et le manganèse ont une grande influence sur l'effet du recuit; la présence du silicium est indispensable. Avec une teneur en silicium trop faible, de 0,40 p. 100 par exemple, l'effet du recuit est nul, même après dix heures de chauffe. L'adoucissement par recuit ne devient possible qu'au-dessus de 0,60 de silicium.

La transformation du carbone se produit avec la même facilité dans les métaux peu carburés.

	C. combiné.	Graphite.	Si	Mn
Avant recuit.	1,94	0,0	0,64	0,09
Après recuit.	0,00	1,92	0,62	0,11

Le manganèse, au moins aux faibles teneurs, inférieures à 0,3, favorise la transformation du carbone.

	C. combiné.	Graphite.	Si	Mn
Avant recuit.	3,68	0,00	0,93	0,3
Après recuit.	0,00	3,62	0,93	0,3

Le recuit avait été complet en moins de trois heures.

Mais le principal rôle du manganèse est d'empêcher l'oxydation du silicium pendant la fusion de façon à en conserver la proportion voulue.

Le chauffage des aciers dans les mêmes conditions que les fontes blanches provoque également la séparation d'une partie du carbone combiné à l'état de graphite.

Le graphite ainsi séparé est à l'état de division extrême et présente des propriétés physiques différentes de celles du graphite ordinaire. En exagérant la durée du recuit, il se transforme finalement en graphite semblable à celui des fontes grises et présentant les mêmes inconvénients au point de vue de la qualité du métal. Dans l'adoucissement de la fonte blanche par recuit, il faut donc éviter avec grand soin de prolonger l'opération plus que cela n'est nécessaire.

ADRESSE DU PRÉSIDENT DE L'*Iron and Steel Institute*, sir W. Roberts-Austen (1).

« Notre temps est si lumineux qu'il est à peine en Europe un pays, un coin, qui ne fasse avec les autres un échange de rayons; mais il n'est contrée sous le ciel qui soit plus riche que la France en enseignements variés, où les sciences se laissent plus commodément courtiser et plus sûrement conquérir. » Ces lignes, écrites par Laurent Sterne dans son incomparable *Voyage sentimental*, étaient imprimées en 1768, l'année même où l'Académie française des Sciences recevait comme membre adjoint Lavoisier, porté par son génie, et, comme membre titulaire, le métallurgiste Jars. L'hommage de Sterne est éclatant, mais nous sentons qu'il est juste et, de grand cœur, nous le faisons nôtre.

Notre Institut est international, et une cinquantaine de nos membres sont Français ou habitent la France. C'est la troisième fois que cette Société reçoit en corps l'hospitalité française. A l'occasion de nos deux premières visites, comme aujourd'hui encore, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale nous a généreusement ouvert son hôtel. En 1878, en l'absence de l'illustre chimiste J.-B. Dumas, alors président de la Société, nous fûmes reçus par le professeur Gruner et, en 1889, par M. Gustave Eiffel et par M. Haton de la Goupillière. Cette année, le président de la Société est M. Adolphe Carnot : ce nom, illustré par des hommes qui ont occupé les plus hautes charges dans l'armée et dans le gouvernement de leur pays, sera toujours accueilli en Angleterre avec un profond respect et restera à jamais lié au progrès des sciences physiques. En ma qualité de professeur à l'École royale des mines, je suis fier d'être le collègue de M. Carnot, et aussi de M. Haton de la Goupillière, qui nous reçoit pour la seconde fois. Car M. Haton, je n'ai pas à vous le rappeler, est directeur de l'École des mines française, une institution qui a, depuis sa création, fait avancer l'industrie et la science par la valeur de son enseignement. A ces éminents professeurs, se sont joints les représentants du Comité des Forges, sous la présidence d'un homme dont le nom compte parmi les plus honorés dans l'histoire de la métallurgie : M. Robert de Wendel est également un de nos plus anciens membres et sert ainsi de lien entre deux institutions si rapprochées par leur but et par leurs efforts constants pour l'avancement de la science et de la pratique sidérurgiques.

En 1878, sir William Siemens, notre président, prit pour sujet de sa courte adresse l'excellent système d'instruction scientifique et technique que la France est heureuse de posséder. En 1889, sir James Kitson, qui nous présidait, se contenta de remercier nos hôtes en quelques phrases gracieuses, et personne mieux que lui ne pouvait s'acquitter de ce soin. Mais, à cette fin de siècle, on doit attendre de moi quelque chose de plus, et me demander de passer en revue quelques phases au moins de l'industrie du fer et de l'acier.

Si cependant je m'élève assez haut pour embrasser le chemin parcouru, je trouve que mon impression peut se condenser en quelques mots. L'œuvre métallurgique du siècle aura été de montrer l'action exercée par les corps étrangers, en faibles proportions, sur les masses qui les cachent et de révéler, du moins pour une part, le pourquoi de cette action. On a démontré que la profonde influence de ces impuretés s'étend aux métaux; le fait que les diverses variétés des aciers sont des « solutions solides » est aujourd'hui accepté; les mouvements moléculaires dans les solides sont devenus une notion familière.

(1) Réunion de septembre 1900, en l'hôtel de la Société d'Encouragement.

Nulle part, les conséquences de cette découverte n'ont été plus frappantes que dans cette branche d'industrie à laquelle tous ici, à des titres divers, nous sommes consacrés. De plus en plus chaque jour, les métallurgistes ont montré qu'il ne faut pas trop se fier à la fameuse maxime du duc de la Rochefoucault : « Ceux qui s'appliquent trop aux petites choses deviennent ordinairement incapables des grandes. » L'influence de l'appareillement petit sur le visiblement grand est bien reconnue et nous disons avec Browning :

Mais oui, le vieux chemin est quelque peu changé
Et le monde aujourd'hui revêt nouvelle forme;
Le tout petit devient le terrible et l'énorme (1).

Le résultat est remarquable. Le métallurgiste, en ajoutant au fer de faibles quantités d'autres corps, a pu, littéralement, changer l'aspect du monde. Il a permis au constructeur de remporter ces victoires qui s'appellent la tour Eiffel et le pont du Forth; il a créé l'âge d'acier et, de cet âge, les palais que nous venons voir sur les berges de la Seine, par eux-mêmes et par les objets qu'ils recouvrent, sont l'illustration.

Pendant ce siècle, nos nations ont travaillé à l'unisson et se sont partagé les succès industriels pour l'incommensurable profit de la civilisation générale.

Mais déjà, au cours des siècles précédents, les liens littéraires et scientifiques avaient uni la France et l'Angleterre, et les sympathies entre hommes de lettres avaient stimulé le progrès industriel. Au XIII^e siècle, Roger Bacon prenait le grade de docteur à l'Université de Paris, avant de rentrer à Oxford où il fit l'œuvre de sa vie. Au XIV^e siècle Chaucer traduisait le *Roman de la Rose*. Le grand savant écossais, George Buchanan, exilé à Bordeaux, avait Montaigne pour élève, et Shakespeare, dans la *Tempête* et dans *Hamlet*, paraphrase les pensées de Montaigne. Au XVII^e siècle, Isaac Casaubon, hôte de Jacques I^{er}, marquait profondément de son empreinte la pensée anglaise et, en renouvelant à Oxford l'étude d'Aristote, préparait la voie au progrès de la science expérimentale dans nos vieilles universités. Au XVIII^e siècle, Voltaire, rencontrant à Londres Benjamin Franklin, se trouve heureux de pouvoir parler sa langue. L'abbé Prévost traduit *Paméla* et *Clarisse Harlowe*, et les fait connaître aux lecteurs français. Chaque page de l'*Esprit des Lois* prouve combien Montesquieu avait appris des Anglais; surtout, sans doute, de ceux qui vivaient près de lui à Bordeaux et dont le plus en vue était le père de notre grand chimiste Black. Et combien Black lui-même n'a-t-il pas pu devoir au bienveillant intérêt de Montesquieu pour son enfance ?

C'en était fini de l'union littéraire des deux pays; mais les liens scientifiques furent plus solides et plus résistants. Il était naturel qu'il en fût ainsi : car les hommes de lettres discutent des abstractions et les hommes de science des principes. La correspondance entre Black et Lavoisier témoigne éloquemment de l'attention passionnée que prêtaient les deux contrées à leurs découvertes expérimentales respectives. J'ai fait ailleurs allusion, dans mon adresse inaugurale du printemps de 1899, à l'hommage rendu par Lavoisier à Black; je citerai ici un extrait d'une lettre du grand professeur d'Édimbourg à son illustre collègue de France : « Si, dit-il, le pouvoir de l'habitude empêche quelques-uns des anciens chimistes d'approuver vos idées, les jeunes ne seront pas influencés par le même pouvoir; ils se rangeront universellement de votre

(1) Well, sir, the old way's altered somewhat since,
And the world wears another aspect now :
The small becomes the dreadful and immense.

côté. » C'est ce qu'ils firent. Lavoisier accueillait nos savants lorsqu'ils visitaient la France. Combien utile au progrès de la science dut être ce mois d'octobre 1774 que Priestley passa à Paris; combien intéressant le dîner chez Lavoisier, où Macquer, l'un des convives, faisait entendre à Priestley que « plomb rouge » était une traduction trop littérale et que la substance dont il voulait parler s'appelait réellement le « minium » !

Black mourut en 1799 et nous voici au début du présent siècle, maintenant si proche de sa fin. Il s'ouvre pour la France avec une brillante école de chimistes. Leurs noms vous sont familiers et ce sont les hommes que je voudrais vous peindre; mais Molière nous a prévenus, à une époque où ce genre d'esquisses était à la mode, que « les portraits sont difficiles et demandent un esprit profond ».

J'aurai donc recours à sir Humphry Davy, qui avait reçu de l'empereur Napoléon permission de visiter la France bien que la paix, malheureusement, ne régnât pas alors entre les deux pays. Par sa vigueur de touche et sa pénétration d'esprit, Davy était qualifié pour nous conserver ses appréciations amicales, sous la forme de ces précieux croquis à la plume qui peuvent nous inspirer toute confiance, et qu'il peut être à propos de rappeler. Berthollet lui apparaît « modeste, franc et loyal, très gracieux et sans poses ». Vauquelin lui présente « la mine et le port des chimistes français d'un autre âge ». De Guyton de Morveau, maître de la Monnaie sous Bonaparte et baron de l'Empire, qui avait quatre-vingts ans au moment de sa visite, Davy parle très peu. Gay-Lussac, qu'il place « à la tête des chimistes vivants de France », le frappe par sa « profondeur, l'activité de son esprit et l'habileté de ses mains ». Davy était poète à l'occasion : ses conférences avec les célébrités françaises avaient sûrement fortifié en lui la conviction exprimée dans les vers suivants, où la métallurgie lui a suggéré une image :

Si la matière est faite à l'épreuve de l'âge.
L'esprit ne peut périr après avoir été.
L'esprit est créateur malgré son alliage;
Qui pourrait contester son immortalité (1) ?

Le Dr Percy, mon prédécesseur dans la chaire de l'École Royale des Mines, avait personnellement connu Gay-Lussac, Thénard, Laurent et Le Play. A propos des deux premiers, il écrit en 1864 : « Tous deux sont dans la tombe, et tous deux ont laissé à la France un legs de renommée dont elle peut être fière à bon droit... Laurent aussi et mort. Le Play survit. » C'est Le Play qui avait organisé les Expositions de Paris en 1855 et en 1867; de cette dernière, il était commissaire général : ne pouvons-nous pas, nous qui assistons à la glorieuse Exposition de 1900, rappeler les titres de ce grand métallurgiste ?

J'arrive à deux noms plus illustres : ils ont été portés par des hommes que plusieurs d'entre nous ont pu connaître personnellement, et qui nous rattachent directement au passé : Jean-Baptiste Dumas et Henri Sainte-Claire Deville. Dumas était né en 1800, et il tient la première place parmi les chimistes du XIX^e siècle. Quand je le vis pour la première fois, en 1870, il était directeur de la Monnaie; la distinction de ses manières était faite d'un mélange de gravité et de bonté, signes extérieurs de ses qualités de cœur qui lui attiraient d'abord le respect et l'affection. Permettez-moi de ren-

(1)

If matter cannot be destroyed,
The living mind can never die.
If e'en creative when alloyed.
How sure its immortality.

dre, à mon tour, un hommage à sa mémoire, surtout parce qu'il représente un des principaux caractères de la science française, l'union de la théorie et de la pratique. Il a fait la lumière, par la pénétration de son génie inventif, sur toutes les questions qu'il a abordées ; et, cependant, il revenait sans cesse aux problèmes industriels. Comprenant toute leur importance pour son pays, il avait fondé l'École centrale des Arts et Manufactures : c'est là qu'a professé M. Jordan, dont la mort si regrettable nous a privés cette année même d'un de nos membres les plus distingués. Le second nom, parmi les disparus, sur lequel je veux m'arrêter, est celui de Henri Sainte-Claire Deville. Je reviendrai sur son œuvre. Pour le moment, à ces quelques mots d'hommage personnel, je veux seulement ajouter que jamais homme n'eut de plus dévoués disciples. Je suis fier d'avoir été reçu par ce noble maître et admis aux charmantes réunions qui assemblaient dans son laboratoire des hommes de tout rang et de toute condition : « Chacun, comme dit Dumas, se plaisait dans ce milieu sans prétention, ouvert à toutes les hardiesses, fermé à toutes les idées fausses. »

Si l'on regarde vers l'avenir en s'éclairant de l'expérience du passé, on peut croire que les alliages d'aujourd'hui feront place à d'autres, et l'intérêt se portera moins sur les métaux du XIX^e siècle que sur les hommes qui ont su en tirer un si grand parti. Tout document sur nos grands leaders sera donc ardemment recherché. Peut-être cependant vous étonnez-vous que, dans une adresse consacrée au fer et à l'acier, je me sois si longuement étendu sur ces quelques noms ; mais les chimistes du XVIII^e siècle, comme ceux du VIII^e, étaient souvent métallurgistes. Il n'y avait pas de démarcation tranchée entre la science chimique et l'art métallurgique, dont les progrès exigeaient la connaissance de principes qui nous apparaissent aujourd'hui comme fondamentaux.

Vous pouvez aussi trouver étrange que je parle, sur de légers indices, de l'union littéraire de la France et de l'Angleterre. Ma réponse est que la culture générale d'une nation marche de pair avec ses progrès industriels et que les rapports de la littérature avec la science sont trop souvent négligés. Les attributs du fer et de l'acier tiennent une grande place chez nos écrivains. C'est eux qui ont inspiré à Ruskin, dans la *Couronne d'olivier sauvage*, cette appréciation découragée que « notre seul art d'importance en Angleterre est celui du fabricant de fer », et il ajoute, parlant de la manufacture des plaques de blindage : « Songez-vous que, sur ces plaques, votre courage et votre endurance sont écrits pour toujours, non seulement avec une plume de fer, mais sur un parchemin de fer ? » J'avais cité cette phrase à mon ami Osmond ; et lui de riposter aussitôt par cette réminiscence de Ronsard, un poète du XVI^e siècle :

... je veux au monde publier,
D'une plume de fer sur un papier d'acier...

Vers qui nous permettent à tous deux de réclamer Ronsard comme un précurseur poétique des allotropistes, puisqu'il avait trouvé du fer assez dur pour buriner l'acier de ses tablettes.

Si vous ne me jugez pas suffisamment justifié, j'invoquerai l'influence du milieu dont l'importance est aujourd'hui prise en juste considération : de la Monnaie où j'écris, j'ai devant les yeux un monument de Londres qui nous rappelle la France, la Tour de Guillaume le Normand. J'aperçois la tourelle où la tradition du XIII^e siècle veut qu'ait travaillé Raymond Lulle, l'élève errant d'Arnaud de Villeneuve, et dans la conduite journalière de nos opérations de monnayage, nous rencontrons constamment

des noms français : nous consultons presque à chaque heure les tables de Gay-Lussac ; le *Traité des essais* et les ouvrages de Berthier font partie de mes classiques.

Le siècle avait trois ans à peine quand parurent, dans nos pays respectifs, des communications de la plus haute importance. En France, en 1803, Claude-Louis Berthollet publiait son brillant *Essai de statistique chimique* et, la même année, en Angleterre, Dalton donnait au monde l'hypothèse atomique qui permettait de reconstruire la chimie sur de nouvelles bases. Depuis ce temps, dans tous les pays, la science a plus ou moins suivi les lignes tracées par ces deux grands penseurs ; je veux dire que toutes les idées directrices se sont rattachées soit à la masse de Berthollet, soit à l'atome de Dalton. Constamment nous retrouverons ces lignes en enregistrant l'histoire métallurgique du siècle ; mais il nous faudra figurer les applications industrielles par une troisième ligne, reliée à chacune des deux autres. En divisant le siècle par périodes, nous réussirons, sans risquer de nous perdre, à suivre ces dernières dans leurs directions ou, tout au moins, dans leurs connexions. A la ligne de Berthollet, se rapporteront tous les résultats qui impliquent la notion de masse indépendamment des proportions atomiques définies ; à la ligne de Dalton tous ceux qui supposent la constitution atomique de la matière.

Il ne faut pas cependant oublier que nos deux nations avaient déjà tourné leurs regards vers la Suède, où la théorie était alliée à la pratique, où la renommée du fer pur de Dannemora était à la hauteur de l'enseignement d'Upsal. Professeur de la grande université de cette ville, Bergman, en montrant la carburation comme le principe fondamental de la métallurgie du fer, faisait à la science et à l'industrie un présent dont la France fut la première à apprécier la valeur. Le XVIII^e siècle avait encore quelques années à courir quand Vandermonde, Berthollet et Monge, dans un rapport publié peu après la mort de Bergman, faisaient voir la portée de son œuvre et rendaient hommage au grand chimiste trop tôt perdu pour le monde. En 1806, nous trouvons une assertion capitale de Proust, le compatriote et l'adversaire courtois de Berthollet. Dès cette époque lointaine, Proust décrit la fonte comme une solution de carbure de fer dans le fer ; il la donne comme un exemple de composé uni à l'un de ses éléments, devançant ainsi les idées modernes qui font de fers carburés des solutions solides. Le passage est si intéressant que je puis bien le citer en entier. Le voici : « Mais si nous continuons, pour le moment, de prendre le carbure de fer pour une combinaison réelle, on conviendra que son existence ou sa dissolution dans les fontes nous offre l'exemple d'une combinaison unie à l'excès de l'un de ses éléments. » C'est encore en France que Clouet acheva de prouver la carburation de la fonte par la fusion du fer avec le diamant, et quand, en 1815, l'Anglais Pepys, employant l'électricité comme source de chaleur, dissipa les derniers doutes que l'influence des gaz du foyer pouvait laisser subsister, l'expérience de Clouet prit toute sa valeur.

Alors commença l'attaque de trois grands problèmes : il s'agissait d'expliquer « la réduction des oxydes métalliques », « l'oxydation des métaux » et les questions reliées à leur chaleur spécifique. Bien que nos connaissances sur ces trois points aient avancé concurremment pendant de longues années, une division s'impose. Un des nombreux titres de Lavoisier à notre gratitude est d'avoir élucidé le mécanisme de la réduction et de l'oxydation ; on apprit de lui ce que l'on faisait en carburant ou en décarburant du fer ; et la technologie, délivrée de l'empirisme, fut désormais guidée par des notions exactes. Au sujet de la réduction, Lavoisier avait déjà reconnu que

L'action du carbone sur un oxyde métallique est réciproque; et, comme il le dit, cette observation nous conduit universellement à des réflexions fort importantes sur l'usage du carbone dans la réduction des métaux. Vers 1814, Fourcroy et Vauquelin résumaient brièvement les connaissances de leur temps en écrivant que la désoxydation par le carbone des métaux brûlés donnait au métal une « nouvelle existence ». Une explication plus complète de la réduction est due à la discussion classique entre Le Play et Laurent d'un part et Gay-Lussac d'autre part : la conclusion de ce débat était que la réduction des oxydes, peut, suivant la nature de l'oxyde et les conditions de l'opération, être effectuée soit par le carbone lui-même, soit par l'oxyde de carbone.

Jusqu'à présent, le progrès avait suivi la ligne de Berthollet plutôt que celle de Dalton. Mais, en 1819, Dulong et Petit énonçaient devant l'Académie des Sciences leur loi célèbre : « Les atomes de tous les corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur. » La découverte fut saluée par une large acclamation : c'était un triomphe pour les partisans de la structure atomique de la matière. Comme on l'a joliment dit, Dulong et Petit, « en rattachant les propriétés fondamentales de la substance pesante à celles d'un fluide impondérable, la chaleur, semblaient donner au vieil atomisme grec une consécration moderne et supérieure. » Le siècle cependant n'avait pas parcouru la moitié de sa course que Regnault, dans une magistrale série d'expériences, définissait les limites d'exactitude de cette loi et de quelques autres. Des expériences de Regnault dépend la saine appréciation de la valeur de toute machine, qu'elle soit alimentée par la vapeur, ou, comme nous le voyons maintenant, par les gaz perdus du haut fourneau. Au début du siècle, une machine à vapeur brûlait 6 livres de charbon par cheval-heure; le quart de cette quantité nous suffit aujourd'hui et Regnault n'y a pas peu contribué. Ce que cela signifie, nous pouvons nous en faire une idée, en ces temps où nous gaspillons encore le charbon, le grand aliment de notre santé industrielle. Qu'il s'agisse d'évaluer le pouvoir calorifique d'un combustible ou le rendement d'un appareil à chauffer le vent, toute méthode qui implique l'emploi de gaz ou d'air chaud est tributaire des calculs de Regnault. Et l'importance de son travail était si complètement reconnue que, aux jours troublés de 1848, notre sœur aînée, l'*Institution of Civil Engineers*, vota un crédit pour défrayer les dépenses de ses recherches; mais l'honneur de cette participation nous fut refusé, bien que l'intention fût grandement appréciée en France, et nous devons nous contenter de rappeler que notre Société Royale décerna à Regnault la médaille Copley, le plus grand honneur qu'elle pût dispenser.]

Je vais maintenant considérer sous leur aspect industriel les progrès de la métallurgie en France pendant le premier quart du siècle. A l'origine de cette période, la différence entre les productions de fonte de nos deux pays n'était pas aussi marquée que pendant ces dernières années. En 1801, les 420 fourneaux au bois de la France produisaient 112 000 tonnes et, chez nous, on ne faisait encore que 200 000 tonnes de fonte. Au point de vue de l'utilisation des gaz perdus du haut-fourneau, question qui prend une nouvelle importance depuis l'emploi de ces gaz comme force motrice, la France prit la tête. Autant que je puis le savoir, et je m'appuie sur l'autorité de Berthier, Aubertot fit, dès 1811, un effort heureux pour utiliser les gaz perdus de ses fourneaux du Cher. Avec une rare générosité, il mit les résultats de son expérience à la disposition de ses confrères, ne retenant pour lui que l'application de son procédé au chauffage des fours de cémentation. C'est beaucoup plus tard que nos hauts-four-

neaux utilisèrent leurs gaz et Aubertot fut incontestablement le pionnier dans ce chemin. En 1814, l'Angleterre fit à la France un cadeau industriel en lui prêtant James Jackson de Birmingham qui, sur l'invitation du ministre Chaptal, prit une forge à Trablaine, dans la commune de Feugerolles, et y établit un four de cémentation dont la production pour 1816 fut de 100 tonnes d'acier fondu. En France, la fabrication de l'acier *naturel*, obtenu par affinage sous Beaunier ou par puddlage avec les perfectionnements anglais de S. B. Rogers, atteignait une grande perfection entre les mains de de Gallois, fondateur, en 1830, de la première force anglaise de la Loire, auprès de Saint-Chamond. De Gallois établit aussi des hauts fourneaux au coke, dont celui du Creusot, construit en 1782 par William Wilkinson, avait été le précurseur. A Janon, près Terrenoire, l'année 1821 inaugurait une ère nouvelle pour le haut fourneau français et, à Janon encore, en 1830, les gaz perdus étaient utilisés au chauffage du vent. C'était là un progrès digne d'attention; mais, sur ce point, comme je l'ai dit, la France avait pris la tête. En 1820, MM. Boiguer et Dufand à Fourchambault, M. François de Wendel à Hayange avaient établi de grandes usines qui servaient de modèles aux autres. C'est (ai-je besoin de le dire?) son distingué successeur, M. Henri de Wendel, qui a reçu cette année notre médaille Bessemer.

Comme preuve des progrès de la métallurgie française, on peut ajouter que MM. Jackson frères, les fils de William Jackson, exposaient en 1834 un lingot d'acier fondu pesant près d'une tonne. A l'Exposition de Londres en 1851, notre plus lourde masse d'acier ne pesait qu'une tonne et un quart, alors que Krupp présentait un lingot de poids double.

Cette Exposition de Londres, en 1851, ouvre dignement la seconde moitié du XIX^e siècle.

Revenant aux travaux scientifiques, nous nous arrêterons d'abord devant les splendides recherches calorimétriques poursuivies par Favre et Silbermann vers 1850; à ces physiciens et à Andrews, de Belfast, nous devons sur ce sujet le travail le plus consciencieux. Ici commence, pour la science française, une glorieuse période, dont Henri Sainte-Claire Deville fut l'ornement. N'eût-il laissé que ses recherches sur la dissociation, il eût déjà plus que mérité notre hommage de sidérurgistes. En rapprochant la dissociation chimique de l'évaporation et la décomposition chimique de l'ébullition, les travaux de Deville apportèrent la plus frappante confirmation aux idées, si longtemps méconnues, d'Isaac Newton sur l'action chimique. En France, patrie de tant de grands métallurgistes, l'école de Deville a rendu d'admirables services, non seulement en développant l'œuvre du maître, mais aussi en faisant pénétrer parmi les praticiens les résultats de son labeur et de son enseignement.

Tout maître de forges connaît maintenant l'importance, pour la pratique de l'art métallurgique, et surtout, pour la conduite des hauts fourneaux, de ces réactions chimiques incomplètes dont les produits tendent à régénérer les facteurs initiaux. Le résultat de ces tendances opposées est un état d'équilibre chimique: les substances originelles et les produits de leurs réactions restent en présence en proportions déterminées, constantes aussi longtemps que les conditions extérieures, notamment la température et la pression, restent constantes elles-mêmes. La découverte de ces réactions incomplètes est un des plus brillants présents que la France ait offerts au monde. Berthollet, au commencement du siècle, constatait leur existence dans le fameux *Essai sur la statistique chimique* que j'ai déjà rappelé; Dumas, le premier, annonçait de façon précise que ces réactions limitées et opposées tendent vers un état

d'équilibre; Berthelot et Péan de Saint-Gilles, en 1862, établissaient le fait par des expériences rigoureuses. Enfin, en 1864, Henri Sainte-Claire Deville montrait toute la généralité de ces phénomènes et ses élèves ont développé ses vues. Les noms des membres de cette brillante école vous sont bien connus : c'est Debray, Troost, Hautefeuille, Isambert, Lemoine, Ditte, Mouret, d'autres encore... Mais, parmi eux, il en est un sur lequel je voudrais insister : c'est Henri Le Chatelier ; par ses magistrales *Recherches expérimentales et théoriques sur les équilibres chimiques*, dont les conclusions font autorité, par ses études sur l'application aux sels et aux alliages des lois de la dissolution, il a solidement marqué sa place parmi les grands physiciens de la France.

Le nom de sir Henry Bessemer, l'un des premiers inventeurs du siècle, évoque le souvenir d'une étroite association avec la France. Tout en réclamant son procédé comme une des maîtresses œuvres de la métallurgie britannique, nous nous rappelons avec plaisir ce que dut Bessemer aux encouragements de l'Empereur Napoléon III. La nécessité d'améliorer la qualité de l'acier lui apparut à la suite d'expériences d'artillerie faites au polygone de Vincennes. C'est en 1856 qu'il donna son invention au monde ; et l'Exposition de Paris en 1867 montra les progrès réalisés. M. de Billy, membre du jury métallurgique de cette Exposition, sut l'apprécier dans un rapport très étudié, et fut l'un des premiers à reconnaître que le procédé était un des plus remarquables de la métallurgie moderne. Certes, c'était une véritable révolution dans la pratique industrielle. L'application de la méthode aux fontes phosphoreuses, perfectionnement qui en étendait énormément la portée, fut, comme tout le monde le sait, faite en Angleterre par Thomas et Gilchrist. La part qu'y prit Snelus est trop connue aussi pour réclamer ici plus qu'une mention. Je veux cependant vous rappeler que l'on n'ignorait pas en France quelles conditions théoriques devaient permettre la déphosphoration. Gruner, en première ligne, faisait remarquer l'avantage des briques de dolomie et de bauxite pour fixer l'acide phosphorique et faciliter la purification des fontes phosphoreuses ; il semble avoir eu la claire prévision de la solution pratique que Thomas et Gilchrist devaient, si peu de temps après, donner au problème dans notre pays.

Passant au grand rival du procédé Bessemer, nous retrouvons encore, dans les efforts qui ont conduit à la fabrication de l'acier sur sole, la collaboration manifeste de nos nations respectives. Quant au principe même de la régénération appliqué aux fours, nous réclamons pour Robert Stirling l'honneur de l'avoir posé en 1817. Son développement est un des plus brillants des applications de la science à l'industrie auxquels il ait été donné d'assister à la seconde moitié du siècle. C'est, pour une large part, à l'éminent métallurgiste français, M. Le Chatelier, inspecteur général des mines, qu'est due l'introduction en France du four à sole ; ce fut sur ses instances que sir W. Siemens accorda une licence à la Société Boignes, Rambourg et C^{ie}, de Fourchambault. Mais ce fut entre les mains de MM. Pierre et Émile Martin, de Sireuil, que la fabrication de l'acier sortit du stage expérimental. Non seulement ils firent fondre l'acier, mais ils le fabriquèrent d'après le principe indiqué par Réaumur en 1722. Siemens lui-même appliquait d'abord le procédé « au minerai », tandis que son nom est associé à celui de Martin pour le développement du procédé « au riblon ». Ce qu'est devenue cette branche de l'industrie sidérurgique, les magnifiques expositions de la section française vous le disent assez : vous verrez là des résultats qui ont emporté l'hommage des métallurgistes de toutes les nations. Ce sont, dit-on, les grandes usines de Firminy qui ont mis en évidence tout l'avenir du procédé, en démontrant qu'il pouvait donner à coup sûr des aciers de qualité bien définie et de

nuances très variées. Mais il n'est pas douteux que les publications d'Euverte, expression des nombreuses expériences faites à Terrenoire, ont grandement hâté le progrès dans l'emploi du métal fabriqué sur sole.

Je puis maintenant passer rapidement en revue l'œuvre des chefs actuels de notre grande industrie. En fait, la métallurgie s'est adressée de plus en plus aux hommes de science et de recherche, et ceux-ci, à leur tour, ont été attirés vers elle, non seulement par les splendides rémunérations qu'elle pouvait leur offrir, mais aussi par l'intérêt des problèmes qu'elle leur posait. Trois périodes, que l'on peut appeler décennales pour la commodité du langage, ont séparé les Expositions successives ouvertes à Paris en 1855, 1867, 1878, et 1889. Les progrès réalisés pendant ces périodes respectives ont été caractérisés par trois mots : « nouveauté », « quantité », et « qualité ». Si je cherche à exprimer de même par un mot le nouveau progrès marqué par l'Exposition présente, celui que je crois pouvoir choisir est « intensité ». En 1855, la métallurgie du fer et de l'acier était presque stationnaire ; on sentait bien que les procédés consacrés par le temps étaient devenus insuffisants, et les techniciens cherchaient ardemment une nouvelle direction. Douze ans plus tard, le résultat des efforts nouveaux était révélé par l'Exposition de 1867, à laquelle les Bessemer, les Martin, les Siemens, les Copwer, les Whitwell, les Armstrong apportaient, comme fruit de leurs travaux, une si large et si originale contribution.

C'était essentiellement la période de nouveauté. Dix ans s'écoulaient, et l'Exposition de 1878 montre l'extraordinaire développement des nouveaux procédés ; c'est la période qui a si fort accru les productions. Vient ensuite la période qui améliore la qualité ; l'Exposition de 1889 prouve abondamment que l'acier, considéré à l'origine comme un métal traître, s'est approché de la perfection. De nouvelles propriétés lui ont été communiquées par l'addition de certains éléments, tels que le silicium, et d'autres plus rares, le manganèse, le chrome, le tungstène, et enfin le nickel. Ainsi a-t-on pu adapter le métal à ses applications croissantes. Certains aciers sont extrêmement durs, et d'autres très doux : certains sont magnétiques, et d'autres n'ont qu'une faible perméabilité ; ceux-ci durcissent par refroidissement rapide, et ceux-là par refroidissement lent ; il en est qui se dilatent quand on les refroidit, et se contractent quand on les chauffe. Dans tous les cas, la nécessité devenait évidente de soumettre les matériaux doués de qualités si nouvelles et si étranges à un traitement calorifique bien approprié. On est au seuil de la période comprise entre 1889 et 1900, et j'ai déjà caractérisé cette période par le mot « intensité ». Les procédés existants se modifient, et largement se développent, mais on ne voit se lever aucun procédé franchement nouveau. Les chercheurs, pour la plupart, sont restés les mêmes que pendant la précédente décennie, mais il s'est produit un redoublement et une concentration des efforts pour adapter les méthodes physiques et, en général, les résultats des investigations purement scientifiques aux demandes de l'industrie. Dans cette voie, nos deux pays ont travaillé à l'unisson. Le progrès a suivi nos deux directions principales :

1° La préparation de nouveaux alliages de fer ;

2° L'étude des propriétés du fer et de ses alliages.

Les alliages de fer et de chrome présentent un exemple remarquable. Berthier avait préparé le premier de ces alliages en 1820, et Boussingault leur avait aussi prêté quelque attention. Brustlein les avait fabriqués aux usines Jacob Holtzer depuis 1877 ; mais l'Exposition de 1889 nous avait, pour la première fois, rendus familiers avec les alliages riches, dosant jusqu'à 84 p. 100 de chrome. En 1900, nous trouvons Brust-

lein renouvelant ses efforts et nous sommes heureux de lui souhaiter la bienvenue dans le jury de la classe métallurgique. Les aciers au chrome ont dépassé la période du creuset. A la teneur de 3 p. 100 de chrome, on les prépare sur sole, comme aussi les alliages triples de fer, chrome et nickel pour les plaques de blindage et l'artillerie. Du côté anglais, nous savons tous combien a fait Hadfield pour étendre l'usage des alliages fer-chrome dans leur application aux projectiles.

A peu près à la même époque où Berthier nous donnait le premier alliage de fer et de chrome, Faraday préparait le premier spécimen de ces alliages de fer et de nickel auxquels était réservé un si grand avenir.

En 1884, la Société « le Ferro-Nickel », dirigée par M. Marbeau, faisait ses premières coulées à Paris ou aux usines de Lizy-sur-Ourcq et la même Société exposait à Paris, en 1889, la première série des alliages du fer avec des proportions variables de nickel. Le Journal de l'Institut pour 1889 renferme une communication de James Riley qui nous est familière à tous. En France, les essais se continuaient à Montataire et à Imphy; au Creusot, en 1888, M. Werth entreprenait l'étude systématique des alliages du nickel avec le fer et l'acier, et cette étude, poursuivie aux usines de Fourchambault et Imphy, aboutissait à des résultats d'une importance pratique. Le Creusot organisait la fabrication sur sole de l'acier-nickel et une plaque de blindage de MM. Schneider et C^{ie}, essayée à Annapolis en 1890, révélait les remarquables propriétés de l'alliage à 5 p. 100 de nickel. Depuis lors, la fabrication des aciers-nickel a pris en France, comme le prouve abondamment l'Exposition, une importance croissante, grâce surtout aux travaux de M. Werth. Nous sommes donc bien fondés pour dire que la dernière décade a été, pour le développement des applications de l'acier-nickel, une période intensive.

Je n'ai pas parlé, dans ce court résumé, des autres corps qui peuvent accompagner le nickel. Il suffit d'en appeler aux résultats mis en lumière par la présente Exposition pour montrer dans quelle voie ont poussé les efforts tendant aux applications de l'acier-nickel.

Quant aux alliages de fer et de manganèse, le nom anglais de Josiah Marshall Heath sera pour vous tous une connaissance familière. C'est cependant un ingénieur français des Aciéries de Terrenoire, M. Valton, qui fut l'un des premiers à donner l'explication du rôle du manganèse comme désoxydant dans la dernière période du procédé Bessemer. Je n'ai pas besoin de rappeler que M. Gautier, en 1876, fit à notre Institut une importante communication sur le ferro-manganèse, dont l'usage a grandement contribué au succès de la fabrication de l'acier sur sole. En 1868, Siemens avait appelé l'attention sur le rôle particulier du manganèse dans l'acier et indiqué l'influence du silicium pour la coulée de moulages sains. En 1875, M. Pourcel entreprenait la fabrication du ferro-manganèse au haut fourneau et, la même année, M. Mussy à Châtillon-Commentry et M. Jordan à Saint-Louis entraient dans la même voie. Les progrès furent rapides et nous savons tous quelle part y eut notre bien regretté collègue M. Jordan. Les magnifiques échantillons présentés à l'Exposition actuelle attestent l'importance croissante de l'œuvre que M. Jordan dirigeait récemment encore. En Angleterre, les producteurs de ferro-manganèse furent les Pyle and Blaina Works, les usines de Mostyn, de Darwin, de Wigan et celles de MM. Bolckow, Vaughan et Co. A l'époque de la précédente Exposition de Paris, en 1889, l'Angleterre était le principal consommateur.

Je n'ai pas à vous rappeler que, vers le même temps, Hadfield étonna le monde métallurgique en produisant des aciers contenant de 7 à 21 p. 100 de manganèse et

doués de remarquables propriétés. Ses travaux ultérieurs n'ont fait que rendre plus intense l'intérêt de ses premières recherches et nous apporter un nouvel exemple de ce redoublement d'efforts qui caractérise la dernière décade. Je ne veux pas vous fatiguer en passant en revue les autres alliages du fer, par exemple avec le silicium, le tungstène et le titane; mais je ne dois pas oublier les investigations de MM. Moissan et Charpy sur les aciers au bore, dont nous espérons entendre encore parler dans l'avenir. Peut-être le siècle prochain verra-t-il le vanadium, l'uranium, le molybdène, voire le glucinium devenir pour nous de fidèles alliés, comme l'ont été des métaux mieux connus.

La seconde direction suivant laquelle se sont développés les efforts, c'est l'étude des propriétés du fer et de ses alliages. Les recherches peuvent être divisées en deux groupes :

a) Celles qui ont pour objet les propriétés physiques du fer et pour moyen la mesure des températures;

b) Celles qui ont étudié sous le microscope la structure du fer et la répartition de ses constituants dans ses alliages.

L'histoire de chacun de ces groupes a des origines plus lointaines qu'on ne le croit généralement aujourd'hui.

Pour la pyrométrie, qui occupe une place dominante dans le premier groupe, je ne puis pas suivre dans le passé les tentatives combinées de nos deux pays : le manque d'espace m'interdit absolument même de l'essayer, et je me permettrai seulement de rappeler quelques-uns des noms les plus en vue, sans dépasser les limites de ce siècle. Guyton de Morveau, en 1808, reconnaissait pleinement la valeur des travaux de Wedgwood sur la pyrométrie. Une œuvre magnifique, dont l'origine se rattache à Princep et au savant français Pouillet, a été accomplie par Sainte-Claire Deville et son école avec le thermomètre à air. Quant aux deux méthodes actuellement en usage, l'initiation à l'emploi des thermo-couples est entièrement française. Elle commence avec Antoine-César Becquerel et se poursuit entre les mains de Pouillet et d'Édouard Becquerel. D'autre part, Siemens, en Angleterre, démontrait le premier la valeur éminemment pratique de la méthode pyrométrique fondée sur les variations de la résistance électrique, méthode qui a été perfectionnée et étendue par Callendar et par Griffiths.

Si cependant nous revenons en France, nous trouvons le pyromètre thermo-électrique changé dans tous ses détails et complètement renouvelé par Henri Le Chatelier. Le succès est d'autant plus remarquable que le scepticisme de Regnault à l'endroit des thermo-couples avait fortement découragé les chercheurs. L'industrie a ainsi contracté envers Le Chatelier une dette de reconnaissance qu'il lui sera difficile d'acquitter au pair. Au temps de la précédente Exposition de Paris, en 1889, les travailleurs industriels commençaient à reconnaître la valeur du pyromètre Le Chatelier; mais le pas suivant fut fait en Angleterre, quand, en 1892, un pyromètre thermo-électrique enregistreur fut introduit pour la première fois aux usines de Dowlais. Il est maintenant évident, et c'est la conclusion des résultats obtenus dans nos deux pays, que toutes les opérations délicates, comme la trempe des tubes de canons et le laminage des plaques de blindage, toutes les opérations où des transformations d'importance vitale s'accomplissent dans un étroit intervalle de températures, doivent être contrôlées par des mesures pyrométriques exactes. Finalement, je l'espère, le travail confié à mes soins par le Comité des alliages de l'*Institution of Mechanical Engineers* témoignera de notre

coopération nationale avec la France pour la solution des grands problèmes reliés à la constitution et aux propriétés de l'acier.

Le commencement du siècle avait énoncé sur la constitution de l'acier une vérité fondamentale, mais relativement simple. On avait compris l'importance de la carburation et la nature protéiforme du fer lui-même avait été caractérisée par l'expression classique de Bergman : *polymorphum ferrum*. Cent ans plus tard, le fer, comme on le voit, a réuni de nombreux associés et leur a fait dans ses affaires une participation de plus en plus large. Par suite, l'industrie s'est trouvée enrichie de nouvelles nuances de métal possédant des propriétés inédites. Ces propriétés ont été étudiées par une armée de chercheurs et je crains de paraître partial en ne choisissant que quelques noms. Je crois cependant que nos successeurs, quand ils regarderont de loin la fin de ce siècle, comme nous venons d'en regarder le commencement, pourront résumer leur enquête par les mots « points de transformation ».

L'Angleterre aura sa part dans ces contemplations rétrospectives, car la route est jalonnée par les noms de Gore et de Barrett. N'oublions pas non plus Tschernoff : il a proposé une échelle thermométrique qui permet de contrôler la fabrication de l'acier.

D'entre les noms français, il en est un qui restera dans la mémoire des futurs historiens de la métallurgie : celui d'Osmond. On se souviendra qu'Osmond a décomposé en plusieurs points simples le point multiple de la récalescence. Il a indiqué l'influence de l'hystérésis et montré combien la position des points de transformation se déplace sur l'échelle des températures quand on fait varier les corps alliés au fer. Il a étudié les deux états d'équilibre où peut s'arrêter l'acier suivant qu'il a été trempé au-dessus ou au-dessous de son point critique. Ces deux états peuvent être fort différents, ensuite du changement qui survient, au passage du point critique, soit dans l'état allotropique de l'un des constituants, soit dans ses associations chimiques. Je n'oublie pas que Grignon, qui traduisit en français le *De Analyse Ferri*, partageait les vues de Bergman sur l'allotropie du fer ni que M. de Cizancourt, en 1865, comme Tait en 1873 dans sa « Rede Lecture » à Cambridge, émettait sur ce même sujet des idées fort en avance sur celles du temps. Mais, en fait, Osmond a insisté sur l'allotropie du fer, en a prouvé l'importance fondamentale et s'est identifié avec son étude. Il a également contribué à montrer que les propriétés de l'acier sont une fonction du cycle des températures auquel il a été soumis. Dans la même voie, beaucoup d'autres travailleurs ont conduit des recherches originales et fortement marquées du sceau de leur propre personnalité; j'espère qu'on voudra bien me pardonner de les citer trop rapidement. M. Guillaume a étudié une série d'aciers-nickel dont les transformations sont réversibles, et cette réversibilité est associée à des particularités importantes dans les lois de la dilatation. Les aciers-nickel irréversibles présentent à ce point de vue d'autres caractères qui sont probablement communs, d'après Henri Le Chatelier, à certains aciers-manganèse. Le même savant a examiné l'influence, sur les points de transformation, de l'atmosphère gazeuse qui environne l'acier. Charpy a fait une étude sur la trempe en fonction des points critiques. Tomlinson a relié le changement moléculaire du fer au changement de ses propriétés magnétiques et M^{me} Curie a achevé l'identification entre les deux transformations. Dumont a constaté récemment que le point de transformation magnétique des aciers-nickel varie avec la teneur en nickel. Guillaume et Dumont ont trouvé que le chrome agit comme le carbone sur certains aciers irréversibles et abaisse la température de transformation magnétique. Carnot et Goutal ont isolé différents composés dont la présence fait varier les propriétés des aciers qui

les renferment. La grande importance des points critiques par rapport à la grosseur du grain et, en conséquence, par rapport aux qualités mécaniques, a été démontrée par Brinell, par Sauveur et par Morse.

Le second groupe que j'ai distingué dans les investigations modernes et qui a pour caractéristique l'emploi du microscope et son application à la métallurgie du fer, a eu aussi des précurseurs qui sont généralement peu connus. Réaumur, en 1722, décrit sous le microscope la structure d'une fonte trempée en coquille et suit les changements qui accompagnent son adoucissement avec le départ des corps étrangers. François, dès 1833, aborde l'intéressant problème de la réduction directe du fer de ses minerais et étudie avec le secours du microscope la marche des réactions. Le passage suivant, emprunté à cet ingénieux et exact observateur, est fort digne d'attention : on le croirait presque écrit d'hier par l'un de nous. Je cite textuellement :

« Si, à ces données de l'analyse, on joint l'observation microscopique, sous un grossissement de 300 à 400 fois, on voit que le fer ordinaire n'est autre chose qu'un réseau métallique dont le tissu, fort serré, noie des parties scoriacées, opalines, quelquefois subcristallines, avec petites ampoules et grenailles métalliques, disposées dans tous les sens. Quelquefois on remarque, perdus dans la pâte, des nids de cristaux translucides, prismatiques et bacillaires, avec agglutination de parties métalliques. Ce sont les grains d'acier que l'on fait disparaître par un ressuage. »

L'Angleterre, à son tour, donna une nouvelle impulsion à cette importante spécialité, grâce aux admirables travaux de Sorby sur les coupes polies et attaquées. Mais l'emploi du microscope comme instrument d'étude n'avait pas reçu l'attention qui lui était due, quand Osmond publia la classique série des recherches qui lui a valu la durable reconnaissance des micrographes. Plus que jamais, je regrette ici que le cadre de cette adresse me restreigne aux liens scientifiques de nos deux seuls pays. J'aurais été heureux de m'étendre sur l'œuvre de microscopistes tels que Martens, Sauveur, Behrens et plusieurs autres. Je veux seulement ajouter que les travaux de Stead, tant par leur minutieuse exactitude que par leur originalité, méritent une mention spéciale. Tout récemment aussi, Ewing et Rosenhain ont obtenu des résultats bien intéressants, qui tendent à expliquer par des preuves micrographiques la nature des déformations élastiques et permanentes des métaux ainsi que la croissance des cristaux dans leurs masses.

Un rapport, tout nouvellement paru, du Comité départemental des rails d'acier est la première publication officielle anglaise où l'importance de la micrographie ait été reconnue.

Les découvertes du siècle ont complètement transformé nos idées dans les sciences naturelles. Mais, pour nous, le point d'appui du nouveau siècle restera singulièrement semblable à celui de son prédécesseur. Quelques millièmes de carbone cachés dans le fer dominant encore la sidérurgie. Cela, Bergman l'avait déjà vu avant le commencement du XIX^e siècle, et il avait insisté à la fois sur le polymorphisme du fer et sur l'importance de ses relations avec le carbone. Il avait indiqué aussi que tout grand changement dans la constitution du fer implique une absorption ou un dégagement de chaleur. La phrase où il résume les résultats de ses expériences calorimétriques mérite d'être rapportée : *Si præcedentis momenti allata experimenta considerantur, haud difficulter elucet, quemlibet statum respectu caloris absconditi circumscriptum esse* (1).

(1) Si l'on tient compte des expériences qui viennent d'être décrites, on verra facilement que chaque état du fer est défini par la quantité de chaleur qu'il renferme.

Allotropie et carburation du fer seront les premiers mots de passe du siècle nouveau, et Osmond les a liés en montrant que la propriété du fer de retenir le carbone dépend de son état allotropique. Il n'est pas de fait qui puisse exercer une plus profonde influence sur la sidérurgie du monde.

Nous savons maintenant, mais seulement avec la fin du siècle, que, dans les aciers doux, dont les emplois industriels sont si étendus, la chaleur de transformation allotropique est double de la chaleur de réaction entre le fer et le carbone : les chiffres respectifs sont 18 et 9 calories.

Parmi les derniers travaux importants d'un siècle que la tour Eiffel aurait suffi à illustrer dans le domaine du génie civil, je puis citer un grand ouvrage qui a utilisé des matériaux inconnus de ses devanciers. C'est le pont Alexandre III, qui traverse la Seine d'une seule portée : il est construit en acier moulé et sa construction en a employé 2 200 tonnes. Le métal employé, s'il est chauffé à une température de 1 000 degrés et refroidi rapidement dans l'air jusqu'à 600 degrés, devient plus élastique, plus résistant à la traction et au choc, que s'il eût été recuit. Ainsi trouvons-nous, dans cette œuvre qui exprime si complètement le génie de l'Exposition de 1900, une preuve de l'importance et de l'exactitude des vues d'Osmond.

Bien que je doive forcément me borner, je ne puis pas laisser complètement de côté la littérature métallurgique de nos deux pays. Elle a été grandement enrichie par l'admirable traité de *Métallurgie* du Dr John Percy, traité qui ne comprend pas moins de 3 500 pages in-8° et dont le dernier volume a paru en 1880. Percy, je le rappelle, avait été président de notre Institut de 1883 à 1887. Son ouvrage est remarquable par sa scrupuleuse exactitude et le soin qui a été apporté à la préparation des planches ; presque toutes les figures ont été dessinées rigoureusement à l'échelle. L'auteur nous a laissé, dans une langue élégante et vigoureuse, la description, d'une valeur inappréciable, de nombreux procédés primitifs et d'autres, plus récents, qui sont tombés en désuétude. Il était pénétré de cette vérité que l'étude des problèmes métallurgiques met en jeu les plus hautes facultés d'analyse et offre aux passionnés des recherches transcendantes des sujets dignes de leurs méditations. Il cite en effet cette remarque de Réaumur : « L'utile bien considéré a toujours du curieux, et il est rare que le curieux bien suivi ne mène pas à l'utile. » J'ai déjà fait remarquer ailleurs qu'il avait étudié en France et s'était lié avec les principaux chimistes français de son temps : ces relations ont contribué sans doute à le diriger dans le chemin où il a conduit sa vie. Il est presque permis de dire que Percy a créé en Angleterre la littérature métallurgique, car les livres sur notre art y étaient avant lui minces et rares. Il n'en était pas de même en France, où l'on avait les ouvrages de Rivot, les admirables traités de Jordan, avec leur luxe d'illustrations, et ceux des grands chimistes que j'ai déjà nommés. En outre, la France avait dans les *Annales des Mines* un véritable magasin de connaissances qui a été pendant le siècle, pour les industries du fer et de l'acier, ce que notre journal est devenu depuis sa création. J'ajouterai que, si Percy a été l'historien de la métallurgie, Gruner en a été l'ordonnateur. A son traité de métallurgie, j'offre mon témoignage reconnaissant, comme à un modèle d'exposition scientifique et de méthodique critique qui a débrouillé l'écheveau emmêlé des pratiques de la métallurgie. Peu d'hommes ont plus efficacement combattu ces allures dogmatiques et mystérieuses que toutes les branches de l'art métallurgique ont trop longtemps gardées.

L'extraordinaire développement, révélé par l'Exposition présente, de l'emploi du fer dans les constructions, me conduit à dire aussi quelques mots des rapports du fer et de l'acier avec l'art. L'art est en relation étroite avec l'industrie et, « à Paris, comme nous le rappelle mistress Browning, le commerce est de l'art et l'art de la philosophie ». La vaste ordonnance des bâtiments provisoires qui bordent la Seine a été comparée, dans son ensemble, à un énorme organisme dont les os et les muscles de fer ou d'acier seraient revêtus d'une peau de plâtre, plastique à tous les caprices de l'ornementation. Mais, au point de vue architectural, l'usage ainsi prodigué des nouvelles ressources offertes par les métallurgistes a-t-il été heureux ? Certains en doutent, et M. Robert de la Sizeranne, dans une fine et brillante critique récemment publiée sous le titre « L'Esthétique du fer », émet cette vue découragée que ce nouvel emploi du fer est « à la fois le triomphe du progrès scientifique et son châtiment ». Mais lui-même, quand il en vient à regarder ce beau pont, expression, je le répète, du génie de l'Exposition, il s'enthousiasme et s'écrie : « Nous ne quitterons pas les bords du fleuve sans avoir senti la vie, car elle est dans ces fermes admirables du pont Alexandre III. Ceci aussi c'est de l'art. » Pour ma part, je ne puis pas espérer que mon opinion de métallurgiste soit écoutée sur une question d'esthétique. Je me risquerai cependant à remarquer que l'idée de beauté est instinctive et que le plaisir ressenti devant une œuvre de la nature ou de l'art est la synthèse de délicates et intraduisibles perceptions de convenance, d'appropriation et de rapports. Cela étant, je me trouve incapable de me placer sous la tour Eiffel et de suivre la ligne de ses courbes, délicates comme les branches d'un corail, sans éprouver devant son architecture, non seulement l'impression de l'étonnant, mais encore l'impression du beau.

Il est beaucoup d'autres sujets que vous regretterez de ne pas me voir aborder. La question des blindages protecteurs des navires est, entre autres, une de celles que j'aurais pu toucher, même dans une circonstance aussi pacifique que la dernière Exposition du siècle. Je me contenterai de vous rappeler que la France fut le pionnier dans cette voie : le lancement du cuirassé protégé *la Gloire* en 1860 fut le signal de la reconstruction des flottes européennes.

Le rôle joué par les sidérurgistes dans l'évolution industrielle du monde est évident pour tous les yeux. Le fait qu'ils n'ont pas moins contribué à l'avancement de la science pure n'est pas aussi généralement connu et il convient de rappeler rapidement, pour conclure, quelques exemples qui se présentent d'eux-mêmes.

C'est à propos de la carburation du fer que la diffusion des solides dans les solides a été mesurée pour la première fois. Les associations du fer et du carbone, étudiées par les métallurgistes, offrent le cas le plus compliqué, le seul en réalité qui ait encore été élucidé, dans l'histoire des solutions solides métalliques. Et c'est un cas unique, en raison de l'intervention de l'allotropie. Sur 1 000 parties d'acier, 997, un peu plus ou un peu moins, peuvent être du fer, et le reste du carbone ; mais le résultat est un métal qui est plus largement employé et plus diversement appliqué qu'aucun autre. Il semble que la nature ait enchaîné dans l'acier une partie de ses secrets les plus complexes, et leur découverte est une condition de notre succès dans l'usage de cette matière. Mais, en voyant qu'il nous a fallu un siècle de travail pour pénétrer quelques-uns de ces secrets, nous sentons profondément la valeur de ceux qui attendent encore nos recherches.

Les métallurgistes ont soigneusement approfondi et conduisent journallement de grandes opérations industrielles où la présence d'un troisième corps permet à deux

corps, simples ou composés, de réagir l'un sur l'autre. Habitué au maniement des hautes températures qui intervertissent bien souvent les réactions chimiques, ils ont rassemblé quantité de renseignements sur les phénomènes qui se produisent et sur les composés qui se forment dans ces conditions. L'enregistrement pyrométrique a permis d'étudier l'équilibre des métaux peu fusibles, à l'état liquide aussi bien qu'à l'état solide, étude que les chimistes, en général, n'ont pas été en position d'aborder. La nécessité de soumettre, dans la pratique journalière des usines, les propriétés physiques et mécaniques du fer et de ses alliages à un contrôle rigoureux a créé une riche collection de documents sur la constitution moléculaire des métaux en particulier et de la matière en général. La métallurgie nous montre aussi des circonstances où la masse d'un métal est modifiée par un élément étranger en proportions trop faibles pour former un composé défini (à supposer même que la combinaison soit possible) avec la totalité du métal. Il faut bien alors s'en prendre à l'influence plus ou moins directe de l'atome. Et c'est ainsi que nous, qui pratiquons encore des opérations dont les traditions remontent aux temps mythologiques, nous avons, pour notre part, « donné au vieil atomisme grec une consécration moderne et supérieure ».

Nous tenons ce congrès en qualité de représentants de la plus grande industrie du monde. Mais nous sommes encore quelque chose de plus : nous sommes le signe de l'union scientifique et industrielle qui subsiste entre nos nations et de leur estime nationale mutuelle, restée debout malgré les tempêtes qui ont secoué nos peuples. Puissent nos pays, dans le siècle qui s'approche, écouter la voix du vieux philosophe grec ! Si l'on en croit Platon, le dieu qui mène les hommes par leurs sympathies est le même qui leur a inspiré tous les arts industriels, « la mélodie des Muses, la métallurgie d'Héphaëstus, le tissage d'Athéné ». Et, si vous avez suivi cette courte adresse, vous aurez senti combien le progrès métallurgique est redevable à la sympathie, le vrai lien qui unit les travailleurs industriels de France et d'Angleterre en un faisceau pacifique, plus résistant que le fer, plus sûr que l'acier et assez extensible pour embrasser tous les peuples.

NOTES DE MÉCANIQUE

HAVEUSE *Mitchell*.

On sait que les machines minières de toute sorte se sont développées, dans ces dernières années, aux États-Unis surtout, avec une amplitude et une variété prodigieuse, et souvent avec le concours de l'électricité; parmi ces machines, l'on peut citer comme des plus nouvelles et intéressantes les machines à découper et débiter les bancs de charbon : haveuses et déhouilleuses, à pic, à chaînes, rouilleuses, avançantes, ripantes, etc. (1). La machine que nous allons décrire, construite par la compagnie Sullivan, de Chicago, qui appartient à la classe des haveuses ripantes, est des plus remarquables par la puissance et la rusticité de son mécanisme.

Le bâti ou châssis A de cette machine, que l'on fait aussi léger que possible, est (fig. 12) en deux pièces A' et A₂, serrées l'une contre l'autre par deux excentriques a₃, que commandent les leviers a, dont les axes a₂ ont leurs paliers dans les bras a de A', tandis que les excentriques a₃ tournent dans des maillons a₁, fixés en a₃ sur A₂. La partie A' porte une glissière a₇ (fig. 2) sur laquelle est enfilée la barre guide-chaîne BB' accrochée à la plate-forme B₃ de la dynamo B₁, dont le pignon b' (fig. 1) commande le pignon b₂ (fig. 5) à moyeu b₃, calé sur C. Le pignon b₂ porte des encoches b₅ (fig. 7) en prise avec les projections b₆ de l'anneau b₇, fou sur C, dont les griffes b₈ sont en prise avec les encoches b₈ de la roue de chaîne b₁, folle sur b₃. L'anneau b₇ repose sur un manchon c, de hauteur réglable sur C par les vis c₃ et le levier c₄ c₆, qui permet ainsi d'embrayer ou de débrayer à volonté b₂ d'avec b₁ et d'arrêter ou mettre en marche la chaîne à griffes H.

Le pignon c₁₀ de C (fig. 5) commande par (fig. 4) cc₂ c' et (fig. 2) ff' f₂ gg' la roue o₂ de la chaîne de touage O (fig. 22) fixée en R et P.

La chaîne H est (fig. 8 à 11) constituée par une série de doubles maillons h, avec chacun deux griffes h'h' (fig. 1), mortaisées dans h (fig. 20), fixées par des clefs h₄ à serrage h₆, et divergentes, écartées de 0^m,145, droites, faciles à remplacer et à affûter. Les maillons h sont articulés aux doubles maillons ii₃, à coulisseaux i, les maillons h, à ceux k, guidés en k₂ sur A₂, et ces derniers aux maillons l, à gratteurs l', fixés par la goupille m (fig. 21) à encoche-cale m' et retenue à ressort m³. Une double came-guide Nnn' (fig. 2 et 11) commandée par le levier n₅ (fig. 8) permet de régler l'enfoncement des coulisseaux i'.

Le galet R (fig. 23 et 16) de renvoi de la chaîne de ripage O est pourvu d'un rochet r₂, à cliquets moteurs r₁ r₂ et de retenue s.

Voici maintenant comment fonctionne la machine quand elle est, comme en figure 2, disposée pour la marche en taille longitudinale ou parallèle à B.

(1) Consulter à ce sujet l'intéressant mémoire de M. A. DE GENNES, sur l'Exploitation mécanique dans les houillères des États-Unis (*Annales des Mines*, août 1900).

A mesure que la machine avance dans sa taille par sa traction sur sa chaîne de touage O, les doubles griffes découpent dans le charbon deux traits h/h' (fig. 24) séparés par une bande de 0^m,15 d'épaisseur qui est ensuite pulvérisée par les gral-teurs l' , qui suivent les griffes (fig. 2) en laissant dans la taille une large rainure par-

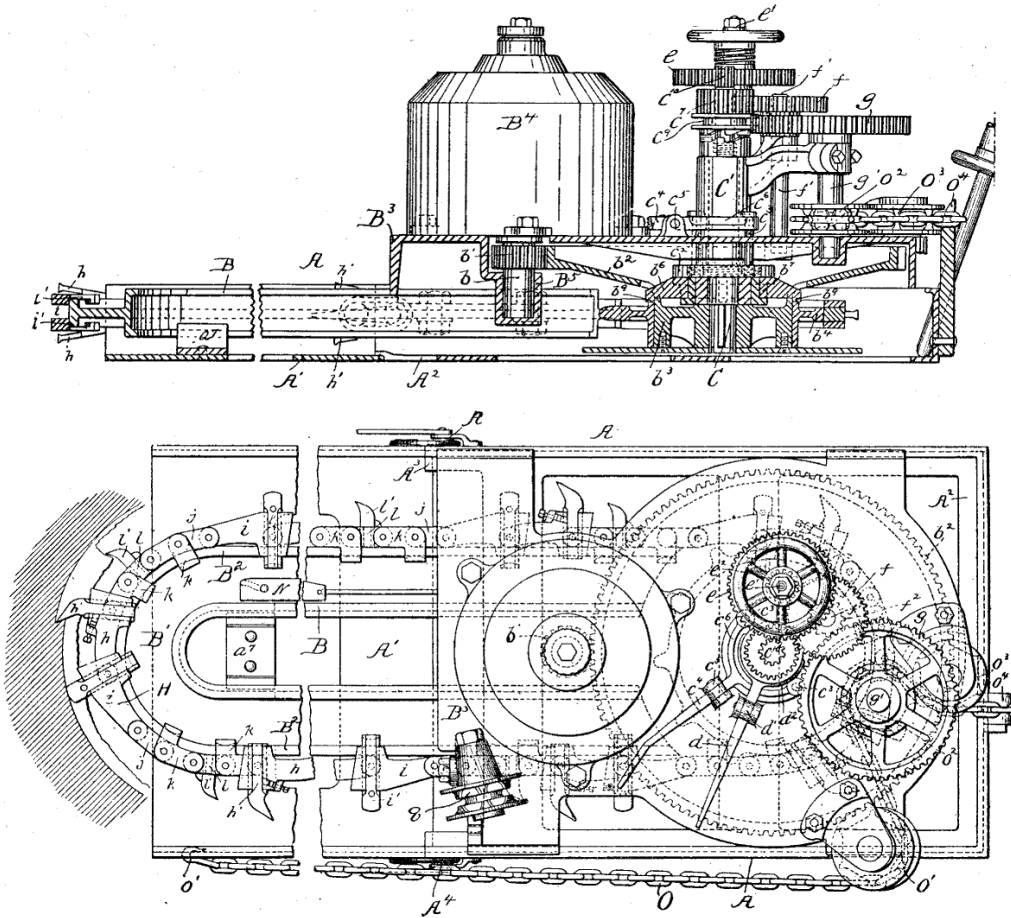


Fig. 1 et 2. — Haveuse *Mitchell*. Coupe verticale et plan en disposition pour la taille parallèle à B.

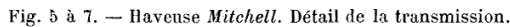
faiblement nette. Les guides i' , repoussés par la came N (fig 2) empêchent les griffes d'attaquer le charbon avant d'avoir franchi le tournant du bras B_2 de manière à empêcher toute déviation de B.

Quand la chaîne à griffes s'est ainsi, comme en figure 3, avancée jusqu'au fond de sa course, de 1^m,50 environ, en passant, avec son mécanisme moteur, du chariot A₂ sur A', on retire A₂, et l'on fait passer, comme en figure 3 et 22, la chaîne O sur le renvoi qq' , à ancrage $p' p p_3$ (fig. 18) en la tendant fortement par R et son rochet r_4 , et



Fig. 8, 9, 10, 20 et 24. — Haveuse *Mitchell*. Détail de la chaîne.

2



A la fin de la coupe, on débraye par sa manette (fig. 4) le pignon e de e_3 et, par le levier d (fig. 2) on embraye en c_9 (fig. 5) le pignon c_7 avec C, et ce pignon imprime, par

ffg, au mécanisme d'avancement, un mouvement de recul sur O, qui retire la chaîne à griffes de sa taille.

D'après M. de Gennes, cette machine, avec un moteur électrique de 30 chevaux, ne pèse que 860 kilogrammes, et pourrait abattre dans une journée de 8 heures un front

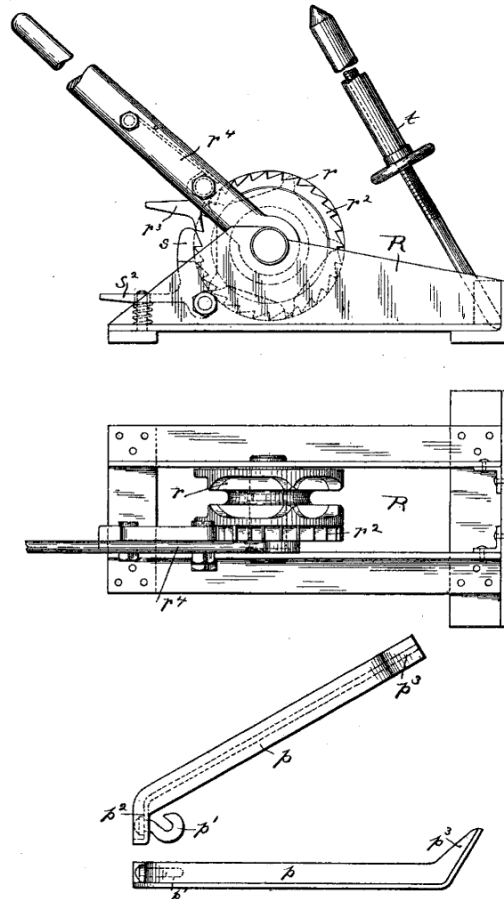


Fig. 16 à 19. — Haveuse Mitchell. Détail du crampon *t*.

de 50 à 60 mètres sur une profondeur de 1^m,50. Le jeu des griffes, très robustes d'ailleurs, peut se remplacer en cinq minutes; c'est donc bien un appareil des plus pratiques, pourvu que l'allure du gîte se prête à son installation.

GRUE A LINGOTS *Taylor ET Morgan*.

Cet appareil peut être cité comme l'une des applications les plus rationnelles de l'électricité à la manutention des lingots, genre d'application qui se répand, comme le

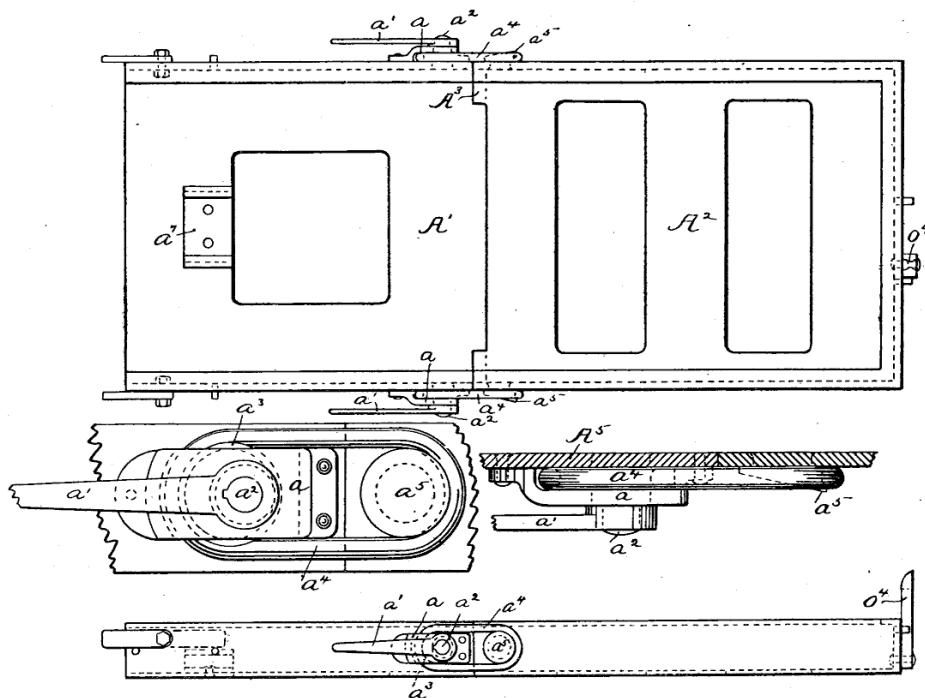


Fig. 12 à 15. — Haveuse Mitchell. Détail du châssis.

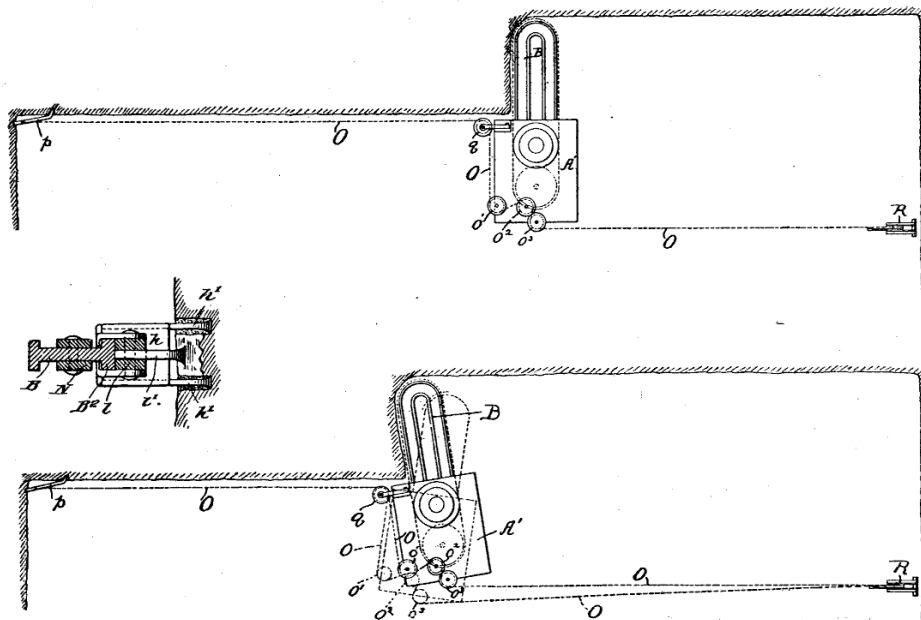


Fig. 22, 23 et 24. — Haveuse Mitchell. Ensemble du montage et détail de la chaîne.

savent nos lecteurs, de plus en plus, principalement aux États-Unis, où l'on cherche partout à économiser le temps et la main-d'œuvre.

Le chariot C (fig. 1) de la grue est roulé sur la poutre A du pont roulant AB par la dynamo C' (fig. 2) et porte un châssis F, à galets II, avec chariot H, à contrepoids C, équilibrant la crémaillère D. Cette crémaillère est commandée, de la dynamo E (fig. 2), par le

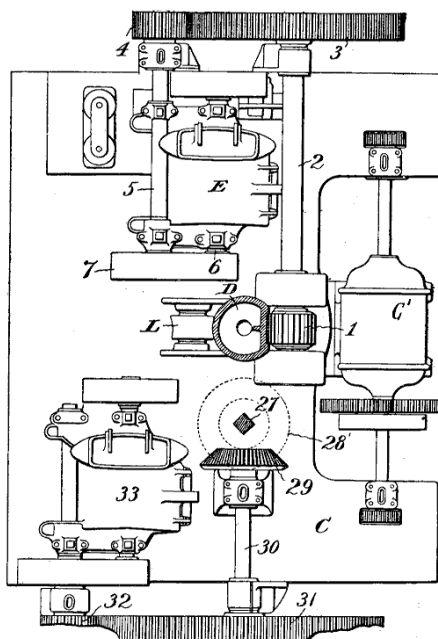
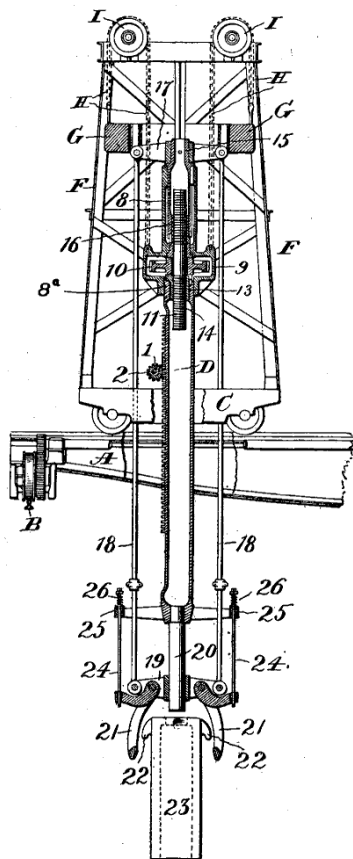


Fig. 1. — Grue Taylor et Morgan. Ensemble. Fig. 2. — Grue Taylor et Morgan. Plan des dynamos.

train 6, 7, 5, 4, 3, 2, 1, et elle se termine, à sa partie supérieure, par une colonne 8 (fig. 4) avec manchon 16, à croisillon 17 (fig. 1) relié par les tiges IV aux pinces 21, 21 (fig. 3) et dans lequel est filetée, ainsi qu'en D, une vis à filets droite et gauche 11, qui permet de commander le serrage ou le desserrage des pinces en la faisant tourner dans un sens ou dans l'autre par le train 32, 31, 30, 29, 28, 28', 27, 12, et 10, à pignons rainurés 12 et 10, commandé par la dynamo 34. A cet effet, les pinces 21, 21, sont pivotées sur le croisillon 19, guidé par 20, et enfilées sur des tiges 24, à ressorts 26, qui les écartent, comme en figure 1, quand on abaisse 19, et qui les laisse se serrer sur le rebord 22 de la lingotière 23, comme en figure 4, quand on relève 19. La levée de 19 commence

par serrer les pinces 21, puis elle lève lentement la lingotière 23, dont elle appuie le lingot sur le piston 20 de D, qui ainsi chasse le lingot, et la dynamo E enlève, après ce décollage, rapidement la lingotière par la crémaillère D. Aussitôt la lingotière

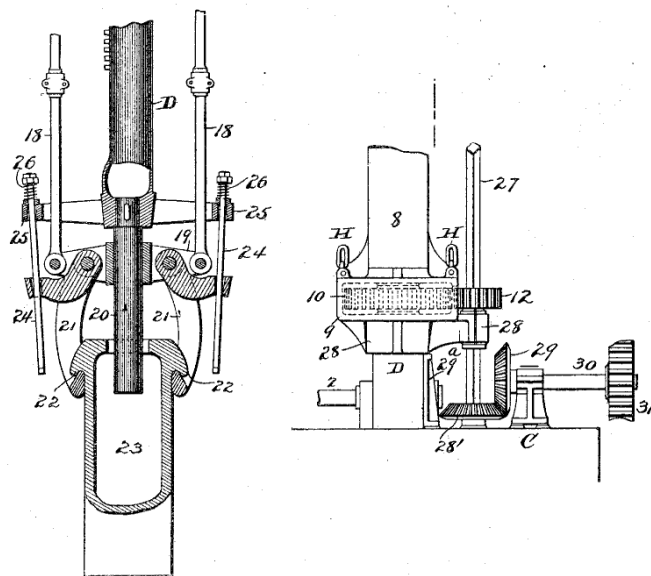


Fig. 3 et 4. — Grue Taylor et Morgan. Détail de la pince et de sa manœuvre.

posée sur le sol, les ressorts 26, débarrassés de cette charge, écartent de nouveau les pinces 21, 21, comme en figure 1.

MANUTENTION *Wellman* ET *Seaver* POUR FOURS DE VERRERIE

Cet appareil constitue une application de l'électricité analogue à celle si heureusement appliquée par M. Wellman aux fours à réverbère pour l'acier.

La halle des fours 1 (fig. 1) est desservie par des ponts roulants 5, sur voies 3 et 4 (fig. 2 et 3) avec chacun un chariot 6 (fig. 4) à cercle 7, avec crémaillère 8, fixée à 6, et en prise avec le pignon 10 du cercle 9, roulant sur 8, et qui entraîne avec lui le châssis 12, 12. L'arbre 10_a du pignon 10 est commandé par la dynamo 11 et la tram. 11_a 11_b (fig. 6).

Suspendu à une chaîne 15, à contrepoids 18 (fig. 4) et guidé par 12, 12, le châssis 13-14 a sa levée commandée, de la dynamo 17, par la roue à chaîne 16 et porte l'axe 20 des pinces 21, que l'on serre sur le creuset 22 par le renvoi 25, 24, 23 (fig. 4 et 7) avec joint de rotation en 24_a. Une dynamo 31 fait, par le train 30, 29, 27, 28, commandé de la plate-forme 34, tourner 20 et basculer le creuset comme en fig. 3, dans la halle de coulée 2.

Cette halle est pourvue d'un pont 34, roulant sur les voies 35, et pouvant recevoir le chariot 6 de manière à le promener sur toute la longueur de la halle.

Enfin, le creuset 22 peut être, au retour, rechargé par la trémie, 35 (fig. 2), portée par

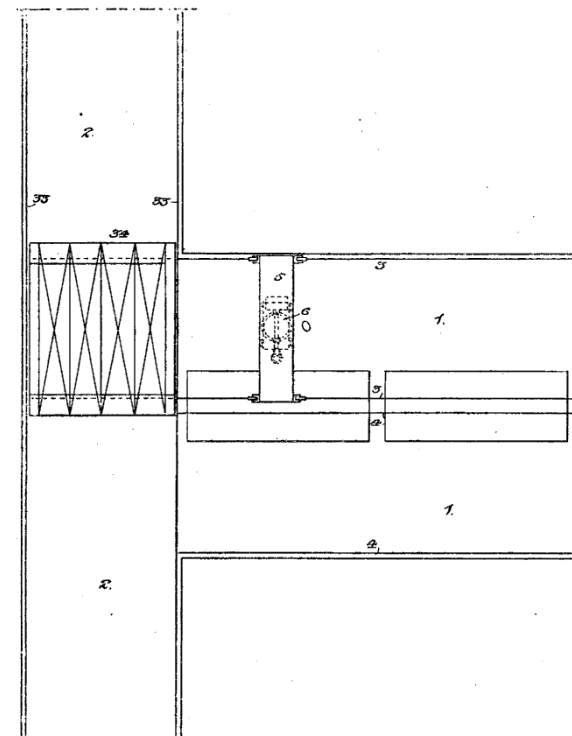


Fig. 1. — Manutention Wellmann et Seaver. Schéma de l'ensemble.

le chariot 36, de sorte que la manutention s'opère tout entière presque automatiquement et avec une grande simplicité.

RENDEMENT DES POMPES A VAPEUR AMÉRICAINES (1)

On sait combien la construction des pompes à vapeur américaines pour distribution d'eau diffère de celle d'un type horizontal à marche très lente et à pression modérée généralement en faveur chez nous (2) : ces machines américaines, en général verticales, à triple ou quadruple expansion, moins encombrantes et plus énergiques, n'en ont pas moins une marche régulière et des rendements très élevés, comme le prouvent notamment les essais récemment exécutés à Chestnut-Hill (Boston) sur une pompe à distribution Nordberg (3) et à Wildwood sur la pompe Allis, représentée par les figures de la page 580.

(1) *Engineering News*, 27 septembre 1900. *Engineering Record*, 13 oct. 1900.

(2) *Bulletin* de novembre 1894, p. 733.

(3) *Bulletin* d'août 1894, p. 528, et *Revue de mécanique*, janvier 1900, p. 76.

La machine *Allis* a un rendement de 157 002 500 et celle de *Nordberg* un rendement de 162 923 624 pieds livres par millions d'unités thermiques anglaises renfermée dans la vapeur dépensée, ou, plus simplement, de 87 et 89 kilogrammètres par calorie-vapeur; mais si l'on prend pour la machine *Allis* les calories de la vapeur fournies non par l'économiseur de sa chaudière mais par la chaudière même, son

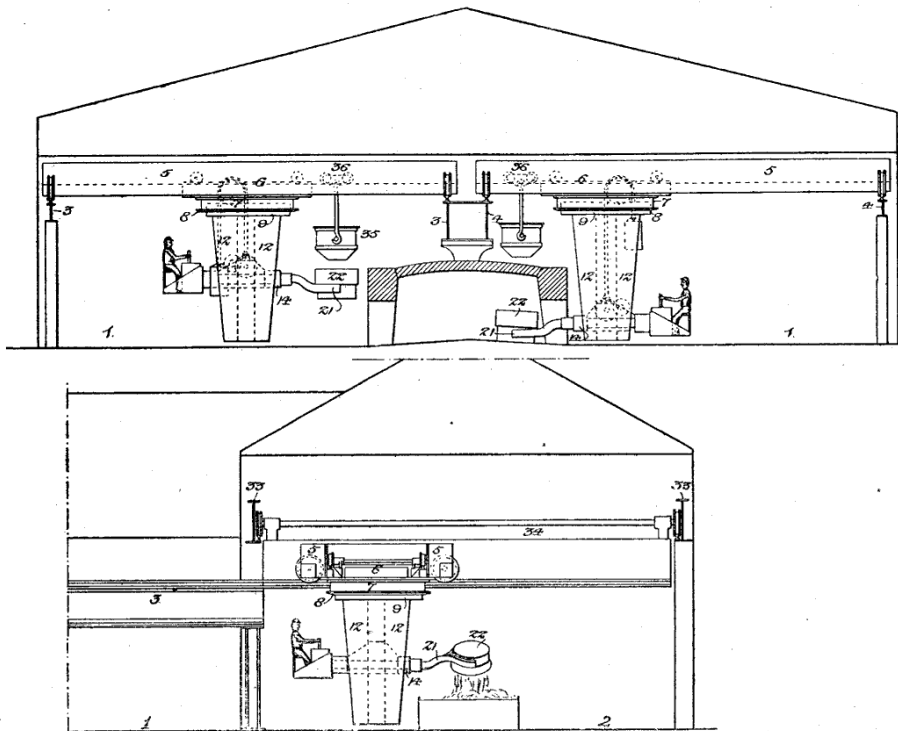


Fig. 2 et 3. — Manutention *Wellmann et Seaver*. Ensemble d'une manœuvre.

rendement s'élève à 90 kilogrammètres, soit un rendement thermique total de $\frac{90}{425}$ ou de 20 p. 100 environ.

Bien que leurs rendements soient pratiquement équivalents, les machines *Allis* et *Nordberg* diffèrent notablement. L'*Allis*, à triple expansion, fait 17 tours 2 par minute; la *Nordberg*, à quadruple expansion, fait 36 tours 2, elle est à cinq réchauffeurs d'alimentation, dont un chauffé par la vapeur d'échappement et les quatre autres par la vapeur du cylindre de basse pression et des trois échauffeurs, tandis que l'*Allis* n'a qu'un réchauffeur à vapeur d'échappement et chauffe son eau principalement par son économiseur. Elle détend sa vapeur de 42 fois son volume : pression d'admission 13^k,5, et la *Nordberg* 24 fois, avec une pression d'admission de 14 kilogr.

Une autre machine Allis, la n° 10 de Saint-Louis (voir le tableau ci-dessous) à

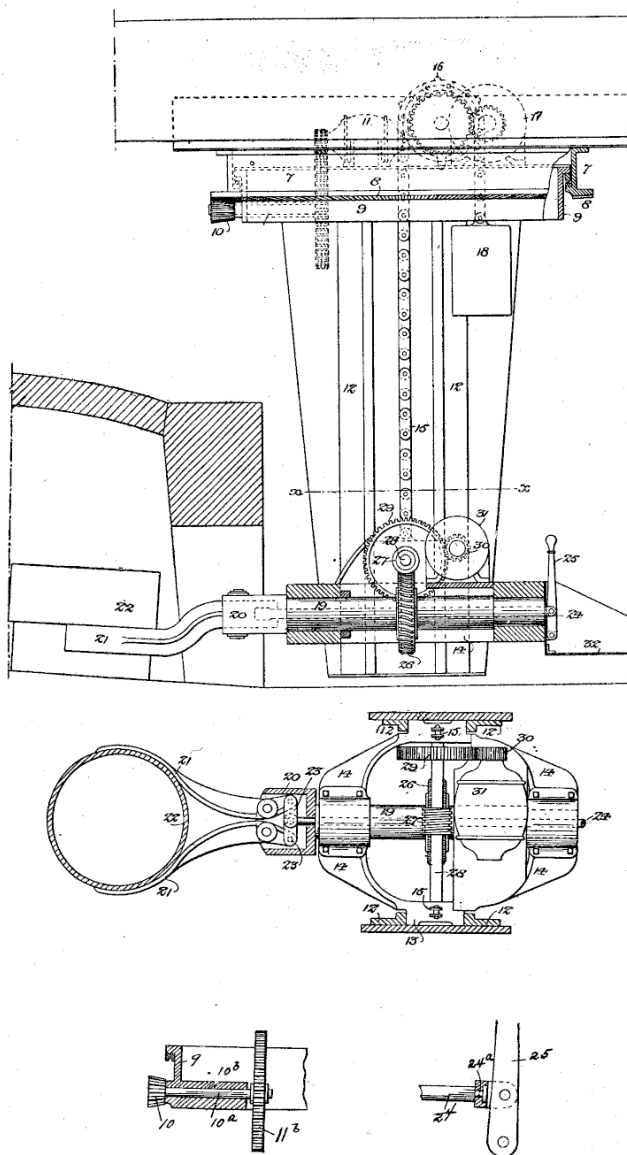


Fig. 4 à 7. — Manutention Wellmann et Seaver. Détail de la grue.

triple expansion, a obtenu un rendement de 87 kilogrammètres par calorie-vapeur, et ce avec de la vapeur à la pression très basse de 9 kilogr. aux chaudières et une

détente de 23 au lieu des 42 de l'Allis de Boston; son rendement organique, de 97 p. 100 environ, est des plus remarquables et, avec un pareil rendement organique, l'Allis de Boston aurait rendu, avec son économiseur, 93 kilogrammètres par calorie, battu de 4 p. 100 la Nordberg.

Constructeurs	Allis				Nordberg			
Emplacement	Chestnut Hill. Boston		St-Louis. N° 10		Wildwood			
Expansion	Triple		Triple		Quadruple			
Cylindres. Diamètres	760 ^{mm}	1 ^m ,42	2 ^m ,21	860 ^{mm}	1 ^m ,60	2 ^m ,34	240 ^{mm}	495 ^{mm}
Rapports des sections	1	3,48	8,41	1	3,32	7,32	1	2,26
Courses	1 ^m ,67		1 ^m ,83		»			
Espaces nuisibles p. 100	1,35	0,55	0,45	1,12	0,46	0,36	0,25	0,55
Enveloppes	aux parois seul ¹		aux parois seul ¹		aux parois seulement			
Diamètres des plongeurs	1 ^m ,07		750 ^{mm}		380 ^{mm}			
Tours par minute	47,5		46,43		36,5			
Vitesse des pistons par seconde	0 ^m ,96		1 ^m		1 ^m ,28			
Pressions de la vapeur. Chaudières	12 ^k ,6		9 ^k ,10		14 ^k			
• Enveloppes	12 ^k ,5	5 ^k ,10	3 ^k ,4	9 ^k ,15	14 ^k	8 ^k ,10	2 ^k ,8	2 ^k ,7
Réservoirs	2 ^k ,15	»	0 ^k ,22	1 ^k ,90	»	0 ^k ,22	6 ^k	4 ^k ,6
Serpentins des réservoirs	»		9 ^k ,10		7 ^k			
Vide au condenseur	0 ^k ,98		1 ^k		0 ^k ,95			
Température de l'eau au réchauffeur d'échappement, entrée	»		»		31°			
Température de l'eau au réchauffeur d'échappement, sortie	»		»		40°			
à la sortie des autres réchauffeurs	»		»		58	89	127	155
à l'économiseur	270°		»		»			
à la chaudière	690°		270		»			
Puissance indiquée	801,6		801,7		712			
Frottements de la machine p. 100	6,71		3,16		6,12			
Rendement en kilogrammètres par calorie-vapeur	86		87		90			
Rendement en kilogrammètres, y compris l'économiseur	90		»		»			
Vapeur sèche par chev.-h ^{re} indiqué	4 ^k ,55		4 ^k ,60		5 ^k ,50			
Rendement thermique p. 100	21	63	22	58	21		22,81	
Détente	42		23,4		24			
Charbon par cheval-heure	0 ^k ,460		»		»			

L'Allis de Boston réchauffait l'eau d'alimentation de 27 à 68° par son économiseur; elle aurait pu, avec des réchauffeurs prenant la vapeur au cylindre de basse pression et aux réservoirs, porter cette température 93°; la Nordberg, au contraire, emprunte à son cylindre de basse pression et à son troisième réservoir la vapeur nécessaire pour porter l'eau d'alimentation de 40 à 90°, ce qui aurait pu se faire avec la chaleur perdue des chaudières et augmenter ainsi encore son rendement tout en simplifiant la construction. On se demande si ce rendement élevé est dû à la quadruple expansion et s'il y a utilité à marcher avec des longues courses, en vitesse de piston de 1 mètre par seconde, alors que des vitesses de 1^m,25 et des courses courtes donnent les mêmes rendements avec une construction bien moins coûteuse.

La dépense de charbon de la machine Allis de Boston : 0^k,470 par cheval-heure indiqué, se rapproche de celle des moteurs à gaz d'anthracite, et on pourrait l'abaisser

à 0^k,450 avec du charbon d'excellente qualité. L'économiseur refroidissait les gaz du foyer de 252 à 105° et chauffait l'eau d'alimentation de 96 à 68°, ce qui, en supposant une production, par kilogr. de charbon, de 20 kilogr. de gaz de chaleur spécifique 0,24 et une vaporisation de 9^k,8, indique, pour l'économiseur, une utilisation de 60 p. 100 de la chaleur des gaz, qui emportaient dans la cheminée 3, 6 p. 100 environ de la puissance calorifique totale du combustible. En outre, pendant les essais, ou perdait, par la purge des enveloppes et des réservoirs pour les opérations du

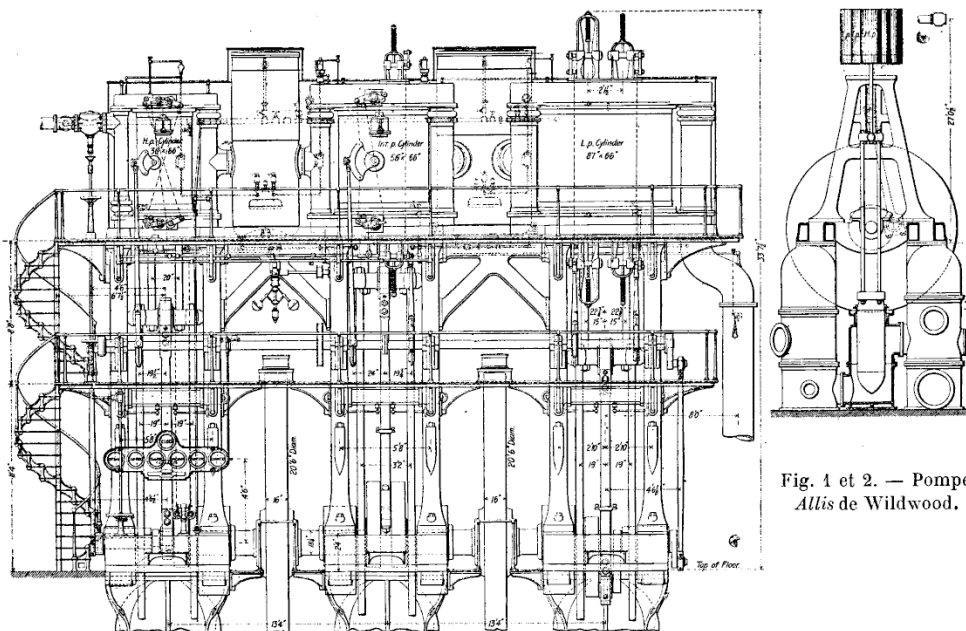


Fig. 1 et 2. — Pompe Allis de Wildwood.

pesage, environ 2 p. 100 de cette puissance, de sorte que l'on aurait pu, en supprimant cette perte et en améliorant l'économiseur, abaisser à 0^k,430 la dépense du charbon, et enfin peut-être à 0^k,400 par la surchauffe, et cela sans parler du bénéfice à retirer de l'amélioration possible des proportions du moteur, de manière par exemple à ne détendre que 36 fois dans la triple expansion et 42 fois dans la quadruple, si tant est qu'elle soit vraiment avantageuse.

TUR LES MÉLANGES EXPLOSIFS FORMÉS PAR L'AIR ET PAR LES VAPEURS DES HYDROCARBURES DES PRINCIPALES SÉRIES ORGANIQUES. — Note de **M. J. Meunier**(1).

L'inflammation déterminée en une partie d'un mélange d'air et de vapeur d'hydrocarbures ne peut se propager dans la masse entière que si ce mélange a été fait en de certaines proportions. Par suite, l'explosion du mélange ne peut avoir lieu qu'entre deux proportions limites de vapeur d'hydrocarbures, dites *limite supérieure* et *limite inférieure d'explosivité*.

L'énergie explosive du mélange s'annulant à ces deux limites, il est clair qu'elle varie dans leur intervalle en passant par un maximum qui doit avoir lieu sans doute pour la proportion

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 15 octobre 1900, p. 611.

suivant laquelle la combinaison du combustible et de l'oxygène de l'air comburant se fait exactement, sans excès ni de l'un ni de l'autre.

Le calcul de cette proportion, variable avec chaque hydrocarbure, étant la base théorique du présent Travail, je l'ai effectué en me servant des formules générales des hydrocarbures des principales séries organiques. J'ai été ainsi conduit à des résultats assez simples, même pour le cas où l'on envisage l'essence de pétrole usuelle, qui contient toujours un assez grand nombre d'hydrocarbures appartenant ordinairement à la même série organique.

CALCUL DE LA QUANTITÉ D'HYDROCARBURES QU'IL FAUT MÉLANGER A L'AIR
POUR QUE LA COMBUSTION SE PASSE EXACTEMENT

Série saturée. — La formule de combustion par l'oxygène des termes de cette série est $C^nH^{2n+2} + (3n+1)O = nCO + (n+1)H^2O$.

Comme les volumes de matières considérées dans ces formules sont les volumes à l'état gazeux, C^nH^{2n+2} représente un volume moléculaire, soit $22^{lit},32$, tandis que O représente une demi-molécule d'oxygène, soit $11^{lit},16$. Dans la pratique, la combustion n'a pas lieu par l'oxygène pur, mais bien par l'air; le volume d'air équivalant à celui d'oxygène sera ce dernier multiplié par le coefficient $\frac{100}{21}$.

En somme, pour brûler $22^{lit},32$ d'un hydrocarbure C^nH^{2n+2} à l'état de vapeur, il faudra le volume d'air donné par l'expression suivante :

$$(3n+1) 11^{lit},16 \times \frac{100}{21} = 159^{lit},4n + 53^{lit},1.$$

Plus la valeur de n est grande, c'est-à-dire plus la condensation de l'hydrocarbure est élevée, plus la quantité d'air nécessaire à la combustion est considérable.

On est conduit à des rapports plus simples, en considérant les poids des matières réagissantes au lieu de leurs volumes. Le poids moléculaire d'un hydrocarbure C^nH^{2n+2} est égal à $14n+2$, puisque $C=12$ et $H=1$; par suite, le poids de l'air nécessaire à la combustion de cette quantité de matière est $(159,4n+53,1) \frac{100}{21}$, et le poids x de l'hydrocarbure qui devra exister dans 100 parties d'un mélange combustible en proportions exactes s'établira par la proportion

$$\frac{14n+2}{14n+2 + (159,4n+53,1) \frac{100}{21}} = \frac{x}{100},$$

d'où

$$x = \frac{1400n+200}{220n+70,66}.$$

Voici le tableau des proportions de la combustion exacte pour les principaux hydrocarbures de la série saturée :

		P. 100.
Méthane : CH^4	$n=1$	$x=5,40$
Éthane : C^2H^6	2	5,88
Propane : C^3H^8	3	6,03
Butane : C^4H^{10}	4	6,10
Pentane : C^5H^{12}	5	6,15
Hexane : C^6H^{14}	6	6,18
Heptane : C^7H^{16}	7	6,21
Octane : C^8H^{18}	8	6,23
Nonane : C^9H^{20}	9	6,24
Décane : $C^{10}H^{22}$	10	6,25

L'examen de ces chiffres montre que la proportion de la combustion exacte devient rapidement convergente à mesure que l'on s'élève dans la série. Si l'on suppose que $n=\infty$, c'est-à-dire que l'hydrocarbure est constitué par du carbone pur, $x=63,6$ p. 100, et, en dehors des

trois premiers termes, méthane, éthane, propane, qui ne se trouvent pas dans l'essence de pétrole, x varie de 6,10 à 6,25 p. 100; pratiquement, on peut admettre la proportion de 6, 20 p. 100 comme étant celle de la combustion exacte des carbures constituant l'essence de pétrole.

Série éthylénique : C^nH^{2n} . — Le volume d'oxygène nécessaire à la combustion des termes de cette série est :

$$nO_2 + \frac{2n}{2} O = 3nO,$$

et celui de l'air :

$$3n \times 11^{lit}, 16 \times \frac{100}{21} = 159^{lit}, 4n.$$

Le poids moléculaire des hydrocarbures étant représenté par $14n$, la proportion x de la combustion exacte est :

$$\frac{14n}{220n} = \frac{x}{100}, \quad x = 6,36 \text{ p. 100.}$$

Elle est donc identique pour tous les termes et égale à celle précédemment trouvée pour le carbone pur.

Série acétylénique : C^nH^{2n-2} . — Dans cette série, l'exposant de l'hydrogène est semblable à celui de la série saturée, pourvu que l'on change le signe + de celle-ci en signe —; par suite,

$$x = \frac{1400n - 200}{220n - 70,66}.$$

Pour l'acétylène C^2H^2 , qui est le premier et le seul intéressant de la série, $x = 7,03$ p. 100.

Série benzénique : $C^{2n}H^{n-6}$. — On a :

$$x = \frac{1400n - 600}{220n - 212}.$$

Les deux termes intéressants de cette série sont la benzine et le toluène, pour lesquels les valeurs de x sont 7,04 et 6,93.

J'ai reconnu que les vapeurs de benzine mélangées à l'air, même dans la proportion *optima* de 7 p. 100, ne s'allument pas à la température ordinaire, tandis que les vapeurs beaucoup plus lourdes des hydrocarbures appartenant à la série saturée s'enflamment à coup sûr. L'inflammation des vapeurs de benzine mélangées à l'air a lieu à une température plus élevée, comme le prouve l'emploi de ce carbure dans certains moteurs à allumage par incandescence.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AOUT, SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1900

Royal Society London. Philosophical transactions. Série A : *Mathématiques et physique*, vol. 193, et série B : *Sciences naturelles*, vol. 192. *Institution of Civil Engineers.* London. **Proceedings**, vol. CLVI, principaux mémoires : *W. B. Faw*, Charges roulantes sur les ponts de chemins de fer; *D. Fox*, Corrosion des chaudières marines; *Hartley*, Historique des travaux du canal de Suez; *Glover*, Ruptures des attelages de wagons de chemins de fer; *Heather*, Transmissions électriques aux mines de Kaap au Transvaal; *D. Brown*, Machinerie des contre-torpilleurs.

Institution of Naval Architects. Transactions. Vol. XLIII. Principaux mémoires : *Russo*, Méthode expérimentale pour mesurer le roulis; *H. Biles*, Les grands Cargo; *Worthley*, Résultats pratiques de quelques innovations dans la construction des navires; *Hovgard*, Résistance des sections elliptiques à la pression; *Schleck*, Équilibrage des machines marines; *Lorenz*, Uniformisation du couple de rotation des machines marines; *Hele-Shaw*, Distribution des pressions sur les surfaces immergées mobiles et leur effet sur le gouvernail; *Bryan*, Action des fausses quilles; *Rota*, Influence de la profondeur de l'eau sur la résistance des navires; *Schanzen*, Ruptures des arbres d'acier.

L'Adduction des eaux françaises du Lac Léman à Paris et dans la banlieue, par MM. Duillard et Badois. In-8°, 190 p., 5 pl. Paris, Béranger.

Mémoires de la Société d'Agriculture du département de la Marne, années 1899 1900. In-18, 550 p. Imprimerie Martin, Châlons-sur-Marne.

Revue de l'Aéronautique. Vol. XV. *Matériel aéronautique*, par M. Henri Hervé, VI^e fascicule. *Les ancres de Cape, ancres flottantes.* In-4°, 216 p. Paris. Bureaux du journal *le Yacht*, 53, rue de Châteaudun.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges. 1900. In-8°, 450 p. Paris, Goin.

L'Eau dans l'industrie, par M. H. de la Goux. In-8°, 496 p., 134 fig. Paris, Dunod.

La Production agricole et forestière dans les colonies françaises, par M. H. Lecomte. In-8°, 296 p. Paris, Challamel.

Chambre de commerce française de Naples. Travaux de l'exercice 1900. In-8°, 90 p. Naples, imprimerie Trani.

Das Pumpenventil, par M. O.-H. Mueller. In-8°. 150 p., 41 fig. Leipsick, A. Félix.

Bulletin scientifique et industriel de la maison Rouve-Bertrand, de Grasse, 1^{re} Série, n° 1. In-8°.

Thèse de doctoral ès sciences physiques de M. E. Charabot. **Genèse des composés terpéniques dans les végétaux**.

Annuaire des mines et de la métallurgie, de la construction mécanique et de l'électricité, 1900. In-8°, 1 000 p. Paris, Bernard.

Agriculture et jardinage et Éléments des sciences appliquées à l'agriculture, par MM. Martin et Roy. In-8°, 260 p. et nombreuses figures. Paris, Delalain.

Vignobles du département de la Côte-d'Or, rapport sur leur situation, et **Rapport sur le Service des champs d'expériences**, par M. L. Magnin, 2 brochures. Dijon, imprimerie Sirodot-Carré.

Le Frottement dans les machines, par M. le général Pétroff. In-4°, 83 p., extrait des *Mémoires de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg*.

De M. G. Bonjour, **Portefeuille de l'Exposition de 1900**. Atlas de 39 planches grand aigle.

La Fabrication du cidre en Allemagne, par P. Monthiers. In-12°, 16 p. Rennes, imp. L. Caillot, rue Bourbon, 5.

Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire de Dunkerque en 1893, publication de la *Chambre de Commerce de Dunkerque*. In-8°, 147 p. Dunkerque, Imp. Dunkerquoise, 28, rue de Soubise, 1899.

Recueil des procès-verbaux des séances de la Chambre de Commerce de Dunkerque, 1898. In-8°, 452 p. Dunkerque, Imp. Dunkerquoise, 28, rue de Soubise, 1899.

Le Musée social, organisation et services, *Bibliothèque du Musée social*. In-12°, 68 p. Paris, Arthur Rousseau.

Armour Institute of Technology, Chicago. In-8°, 86 p. Chicago, Armour Institute of Technology Press.

Cantor Lectures. The Nature and Yield of metalliferous Deposits by Bernnett H. Brough. *Society for the encouragement of Arts, Manufactures and Commerce*. In-8°, 54 p. London, W. Trowce.

Fourteenth Annual Report of the Commissioner of Labor, 1899. In-8°, 983 p. Washington, Government printing Office.

Compte rendu du 1^{er} Congrès des constructeurs et négociants de machines agricoles. In-8°, 147 p. Paris, 10, rue de Laucry, 1899.

Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcé à la séance générale du Congrès le samedi 9 juin 1900, par M. Aulard. In-8°, 27 p. Paris, Imprimerie Nationale.

Recueil de Lois, Ordonnances, Décrets concernant les services dépendant du ministère des Travaux Publics. Tome 8, 2^e fascicule. In-8°, 635 p. Paris, Jousset, 1899.

Journal of the Iron and Steel Institute, vol. LVII. In-8°, 317 p. London. N. Spon.

Comité de conservation des monuments de l'Art arabe. Exercices 1898-1899, 2 vol. in-8°, 144-196 p. Le Caire, J. Barbier.

Annuaire général de la Papeterie française et étrangère pour 1900, in-8°, 664 p. Paris, Office des Fabricants de papier, 18, rue des Pyramides.

Ministère du Commerce, Office national du Commerce extérieur. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'administration par le Comité de direction. In-8°, 96 p. Paris, P. Dupont.

Review of the World's Commerce during the year 1899. In-8°, 178 p. Washington, Government printing Office.

Bulletin du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques. Congrès des Sociétés savantes de 1899, tenu à Toulouse. In-8°, 319 p. Paris, Imprimerie Nationale.

Annuaire de l'Association amicale des anciens élèves de l'École de Physique et de Chimie industrielle. In-8°, 142 p. Paris, Imprimerie Nouvelle, 11, rue Cadet.

Methoden und Resultate der Prüfung Künstlicher und natürlicher Bausteine. Mitteilungen der Material prüfungs-Anstalt. In-8°, 336 p., 7 pl. Zurich, F. Lohbauer.

Les Bateaux sous-marins. Technologie, par MM. F. Forest et H. Noalhat. In-8°, 400 p. Paris, Dunod.

Les Décharges électriques dans les gaz, par J.-J. Thomson, D. Sc. F. R. S., traduit par L. Barbillion, préface par C.-Ed. Guillaume. In-8°, 172 p. Paris, G. Villars.

Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de betterave, par P. Horsin Déon, 2^e vol., 2^e édition. In-8°, 1092 p., 5 pl. Paris, E. Bernard.

Catalogue de la Bibliothèque de l'École Nationale supérieure des Mines. I-II, 2 vol., 678-628 p. Paris, Imprimerie Nationale.

Topographie, par Eug. Prévot. Tome II, Méthodes. *Bibliothèque du conducteur de Travaux publics.* In-8°, 572 p. Paris, Dunod.

Die Industrie des Steinkohlentheeres und Ammoniaks, von Georg Lunge, zweiter Band : **Ammoniak.** In-8°, 322 p. Braunschweig, F. Vieweg.

Ausführliches Handbuch des Eisenhüttenkunde, von Hermann Wedding, zweiter Band. In-8°, 816 p. Braunschweig, F. Vieweg.

Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen, von Gustav Herrmann. In-8°, 213 p., 7 pl. Berlin, L. Simion.

Notice sur le matériel, les objets et les dessins présentés à l'Exposition de 1900 par la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, matériel et traction. In-4°, 70 p., 35 pl.

Recherches rétrospectives sur l'art de la distillation. Historique de l'alcool de l'alambic et de l'alcoométrie, par J. Dujardin. In-8°, 236 p., papier teinté. A Paris, chez l'auteur, en l'Hostel du président Lamoignon, 24, rue Pavée.

L'Électricité à l'Exposition de 1900, publiée avec le concours et sous la direction de MM. Hospitalier et J.-A. Montpellier, 1^{er} et 2^e fascicules in-8°, 80-152 pl. Paris, Dunod.

Tome VI. — 99^e année. 3^e série. — Octobre 1900

38

La Mécanique à l'Exposition de 1900, 1^{re} et 4^e livraisons in-8°, 92-84 p. Paris, Dunod.

Die Berechnung der Zentrifugalregulatoren, par M. J. Bartl. In-8°, 88 p. Leipsick, A. Félix.

Chemisch-Calorische Untersuchungen über Generatoren und Martin Ofen, par MM. von Juptner et F. Toldt. In-8°, 96 p. Leipsick, A. Félix.

Das Harten des Stahles, in Theorie und Praxis, par M. F. Reiser. In-8°, 128 p. Leipsick, A. Félix.

Leitfaden für Eisenhütten Laboratorien, par M. A. Ledebur. In-8° 120 p., 24 fig. Brunswick, Vieweg.

Methode zur Entsilberung von Erzen, par M. B. Krohnke. In-8°, 208 p., 15 fig. Stuttgart. F. Enke.

Du Ministère de commerce. Description des brevets d'invention, vol. 97 (1895). *Arts textiles, travaux de construction, carrosserie, arquebuserie et artillerie.*

Du ministère de l'Agriculture d'Italie. Carta idrografica d'Italia, Aterno Pescara. In-8°, 224 p., 9 pl. Rome, Tipografia Nazionale.

Compte rendu des expériences faites sur un générateur Niclausse. In-8°, 10 p., 3 pl. Paris, imprimerie Ceas.

La Tour de trois cents mètres. Texte et planche, par M. G. Eiffel, 1 vol. in-f°, 369-13 p., 1 atlas f°, 64 pl. Paris, Lemercier.

Notes sur la construction du pont Alexandre III, par MM. Resal et Ablby. In-8°, 135 pl. et Atlas. Paris, Dunod.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Septembre au 15 Octobre 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo-
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>Pc.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rcp.</i> Revue générale de chimie pure
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	et appliquée.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer
élèves des écoles des arts et	et tramways.
métiers.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
Industry (London).	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
Sciences.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La-	<i>Rt.</i> Revue technique.
bor, des États-Unis.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de
<i>Dp.</i> Dingler's Polytechnisches Journal.	la métallurgie.
<i>E.</i> Engineering.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>E'.</i> The Engineer.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	(Bulletin).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri-
<i>Ef.</i> Économiste français.	ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in	de Mulhouse.
Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute	France (Buletin).
(Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de légis-
<i>Gc.</i> Génie civil.	lation.
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> Industrie minière de St-Étienne.	<i>USR.</i> Consular Reports to the United
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> La Nature.	Ingenieure und Architekten-Ve-
<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.	reins.

AGRICULTURE

- Accidents du travail agricole*, police adoptée par la Société des agriculteurs de la Drôme. *Ap.* 22 Sept., 453.
— (Assurances contre les). *Ap.* 27 Sept., 479.
- Agriculture à l'Exposition*. *Gc.* 29 Sept., 393, 6-13 Oct. 409, 430.
— En Corse. *Ag.* 13 Oct. 585.
- Arbres fourragers*. *Ag.* 22-29 Sept., 449, 491.
- Avoine d'hiver (l')*. *Ag.* 6 Oct. 531.
- Battage à la machine et les grains de semence*. *Ap.* 20 Sept., 439.
- Blés**. Expériences de Cappelle. *Ag.* 22-2 Sept., 450, 510.
— Coopération pour la vente. *Ag.* 29 Sept., 496.
- Charrues Bajac*. *Ap.* 28 Sept., 438. Boghos Ri. 13 Oct. 385. (L'air des.)
- Chevaux russes aux concours de Vincennes*. *Ag.* 6 Oct., 539.
- Chien de berger de Beauce*. *Ap.* 27 Sept., 474.
- Ecuries*. Évaluation de l'ammoniaque dans les. *Ag.* 29 Sept. 498.
- Elevage en Danemark*. *Ap.* 20-27 Sept., 425, 461.
- Engrais**. Micro-organismes de la nitrification. *Cs.* 29 Sept., 835.
— Os. Influence des bactéries sur leur décomposition (Stoklosa). *Cs.* 29 Sept. 835.
- Farines améliorantes de Russie (Balland)*. *CR.* 24 Sept., 545.
- Génie rural à l'Exposition (France)*. *Ap.* 20 Sept., 237. 4 Oct., 508, 5 Oct., 343.
- Grêle*. Canons à grêle à l'Exposition. *Ap.* 4 Oct., 518.
- Kératite ulcéreuse des bovidés*. *Ap.* 27 Sept., 470.
- Laboratoire d'expériences agronomiques de l'Institut royal de Copenhague*. *Ap.* 11 Oct., 534.
- Laiterie à l'Exposition*. *Ap.* 27 Sept., 464. Coopératives en Danemark. *Ap.* 4 Oct. 499.
- Machines agricoles à l'Exposition**. *E.* 21 Sept., 357, 5-12 Oct., 432, 487.
— Moissonneuse automobile Mac Cormick. *E.* 6 Oct., 447.
- Maïs (le)*. *Ag.* 22 Sept., 461.

- Mauvaises herbes*, nouveaux agents de destruction (Schribaux). *Ap.* 27 Sept., 469.
- Moissonneuses-lieuses* Rabaté. *Ap.* 20 Sept., 446.
- Oxygène*. Rôle dans la végétation (Mazé). *Ap.* 27 Sept., 475.
- Plantes potagères pour pays tropicaux (Vilmorin)*. *S. N. A. Juillet*, 511.
- Pulvérisateurs à l'Exposition*. *Ap.* 20 Sept., 445.
- Semence*. Sélection des (Vilmorin). *SNA. Juillet*, 542.
- Taillis (Exploitation des)*. (Mer), *SNA. Juillet*, 533.
- Vigne**. Crise viticole. *Ag.* 29 Sept., 485.
— Traitement cuprique et soufrage. *Pc.* 15 Oct. 359, 363.
— En Franche-Comté. *Ag.* 29 Sept., 507.
— Soufreuses à l'Exposition. *Ap.* 27 Sept., 481.
- Vins*. Soins et outillage des chais. *Ap.* 11 Oct., 536.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer français en 1900**. *Rgc. Sept.*, 474.
— allemands à l'Exposition. *Rgc. Sept.*, 509.
— de l'Uganda. *E'*. 5 Oct., 336.
— de l'Asie Sud-Occidentale. *Rgc. Sept.*, 521.
- Electriques**. Locomotives de la Société suisse Winthertur. *E'*. 28 Sept., 317.
— City of London. *E'*. 5 Oct., 347.
— Métropolitain de Paris (Godfernaux). *Rgc. Sept.*, 421.
— Suspendu Barmen-Eberfeld. *VDI*, 13 Oct. 1373.
- Coussinets** des boîtes d'essieu. Appareil pour en mesurer l'épaisseur sans lever le véhicule (Joly). *Bam. Sept.*, 763.
- Freins**. Commande du compresseur Guedon. *Bam. Sept.* 759.
— Lipkowski. Rapport de la Commission technique. *AM. Juillet*, 79.
- Locomotives** Compound à grandes vitesses :
— *RM. Sept.*, 371.
— Etat Hongrois. *Gc.* 6 Oct., 405.
— express du Nord français. *E'*. 21 Sept., 289.

- Locomotives** Manson, Glasgow, and South Western. *RM. Sept.*, 360.
- Rickie. *E. 21 Sept.*, 294.
 - Mallet, du Royal Bavarois. *RM. Sept.*, 367.
 - État Saxon. *Id.*, 365.
 - de l'Est Chinois. *Gc. 15 Sept.*, 361.
 - du Kaiser Ferdinand. *RM. Sept.*, 362.
 - du Chicago-Northwestern. *Id.*, 363.
 - à 6 roues couplées South-Eastern-Chatham. *E. 12 Oct.*, 371.
 - à 8 roues couplées de l'Etat Autrichien. *RM. Sept.*, 363.
 - Thuile (Creusot). *E. 28 Sept.*, 403.
 - Locomotives-Salon pour le London and South Western. *E. 28 Sept.*, 316.
 - Explosion à Westerfield. *E. 28 Sept.*, 314.
 - Distribution Panoux. *Bam. Sept.*, 751.
 - tiroir, piston américain. *RM. Sept.*, 364.
 - Voie de 1 mètre. Chemins de fer du Sud. *L. 21. Sept.*, 370; *2 Oct.*, 466.
 - Surchauffeur Schmidt. *RM. Sept.*, 368.
 - Tirage-échappement. *RM. Sept.*, 369.
- Résistance des trains** (mesure de la) (Mallock). *E. 28 Sept.*, 328.
- Signaux** à l'Exposition. *Rt. 19 Sept.*, 420.
- Trains ouvriers** des chemins anglais. *Rgc. Sept.*, 520.
- Traverse d'acier** à Sumatra. *Rt. 29 Sept.*, 423.
- Voie**. Exposition du P.-L.-M. *Rgc. Sept.*, 371.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles** australiens. *La. 11 Oct.*, 625.
- à pétrole Ravenez. *RM. Sept.*, 372.
 - — Furlow. *Id.*, 374.
 - — Strikland. *La. 11 Oct.*, 663.
 - électriques (Les). *La. 4 Oct.*, 637.
 - — Milaé. *La. 20 Sept.*, 610.
 - Changement de vitesse. Lepilet. *La. 4 Oct.*, 643.
- Locomotive routière**. Best. *E. 28 Sept.*, 315.
- Shettlaworth et Fletcher, Fowler et Tuer. *RM. Sept.*, 374.
- Tramways**. Freins pour tramways mécaniques. (Monmerqué). *EE. 29 Sept.*, 485.
- Construction moderne (Dawson). *E. 12 Oct.*, 481.
 - électriques. Systèmes de distribution

du courant (Van Vloten). *EE. 22 Sept.*, 447.

- Tramways électriques** Joint Falk (Fischer Deck). *Id.*, 449.
- — Traction par accumulateurs (Broca et Johannet). *Id.*, 454.
 - — Chauffage des voitures (de Burlet). *Id.* 450. Chauffetteries Parvillé. *Id.* 445.
 - — plate-forme de l'Exposition. *Gc. 15-22 Sept.*, 353, 375.
 - — adoption d'une base unique pour l'appréciation de la puissance des moteurs électriques de tramways. Macloskie. *EE. 29 Sept.*, 484.
 - — de Prague. *VDI. Sept.*, 1264.
 - — de Limoges (Delage). *APC. 1900*, n° 24.
 - — Dynamomètre de traction Kapp. *EE. 6 Oct.*, 54.

CHIMIE ET PHYSIQUE

- Acétylène**. Lampes diverses. *Dp. 29 Sept.*, 6 Oct., 641.
- Combustion dans l'air enrichi d'oxygène (Bourgerel). *Ms. Oct.*, 669.
 - Produits de l'explosion d'un mélange d'acétylène et d'azote (Mixer). *American Journal of Science. Oct.*, 299.
- Acides** camphorique. État actuel de nos connaissances (Balbiano). *Rep. 5 Oct.*, 289.
- carbonique. Sa détermination exacte (Letts et Blake). *CN. 28 Sept.*, 149.
 - liquide du commerce (Thomas). *CN. 28 Sept.*, 155.
 - azotique. Formation pendant les combustions (Berthelot). *ACP. Oct.*, 145-184.
 - sulfurique. Chambres de plomb tangentielle (Meyer). *Cs. 30 Sept.*, 823.
- Aluminate** monocalcique cristallisé (Dufau). *CR. 24 Sept.*, 541.
- Arsenic** tribromure (Jory). *Pc. 1^{er} Oct.*, 312.
- Alcool dénaturé**. Rapport de la commission du ministère de l'Agriculture. *Ag. 13 Oct.*, 569.
- Benzine**. Dérivés isomorphes. *CN. 12 Oct.*, 173.
- Brasserie**. Divers. *Cs. 29 Sept.*, 837.
- Influence de la science sur la brasserie moderne (Wyatt). *Fi. Oct.*, 299.

- Chaux et Ciments.** Machines à briques à l'Exposition. *E.* 21-28 Sept., 365, 393; 5 Oct., 425.
 — Fumées des usines à ciments. *E.* 21 Sept., 377.
 — Dosage du ciment brut (Michaelis). *Le Ciment.* Sept., 137.
 — Décomposition des ciments à la mer (Le Chatelier). *Id.*, 143.
Cellulose et oxycellulose. Dérivés acétylés (Vignon et Gérin). *CR.* 8 Oct., 588.
Céramique. État en 1900 (Granger). *Ms.* 8 Oct., 656.
 — Divers. *Cs.* 29 Sept., 826.
Colles (Essai des). *Cs.* 29 Sept., 833.
Conserves alimentaires. Teneur en étain (Wirthle). *Ms.* Oct., 716.
Diffusion des gaz et des liquides. Travaux récents (Brown). *CN.* 5 Oct., 161.
Eaux. Valeur filtrante des alluvions anciens (Malmejac). *Pc.* 15 Oct., 357.
Égouts. Destructeurs (de Bradford). *E.* 21 Sept., 383.
 — Purification des eaux par oxydation (Dunbar). *Cs.* 29 Sept., 842.
Essences et parfums. A l'Exposition (Charabot). *RCp.* 5 Oct., 285.
 — Divers. *Cs.* 29 Sept., 844.
 — Pilocarpine. *Id.*, 846.
 — Vanille. Mentol. *Id.*, 847.
 — Essence de bois de rose femelle (Theulier). *RCp.* 20 Sept., 263.
 — Industrie des citrons (Szterkthers). *Id.*, 267.
Explosifs. Décomposition des éthers nitriques et de la nitroglycérine par les alcalis. Stabilité des explosifs (Berthelot). *CR.* 17 Sept., 520.
 — Divers. *Cs.* 29 Sept., 880.
Ferrocyanure de potassium. Action des sulfures alcalins (Berthelot). *ACP.* Oct., 204.
Gaz d'éclairage. Puissances calorifique et éclairante (Fairley). *CN.* 12 Oct., 173.
 — de houille (Notes sur le). *E.* 12 Oct., 670.
Glycérine. Extraction des lessives de savon (Davis). *Ms.* Oct., 670.
Hémoglobine. Pouvoir absorbant par l'oxygène et l'oxyde de carbone (Saint-Martin). *CR.* 10 Sept., 506.
Huiles. Indice d'iode (Marshall). *Ms.* Oct., 676.
 — — (Williams). *Id.*, 678.
 — Huile de maïs (Archbutt). *Id.*, 680.
Huiles de coton, identification par la réaction colorée d'Halphen (Raikow). *Id.*, 682.
Industries chimiques à l'Exposition (Heinzerling). *VDI.* 29 Sept., 1309.
Iodure de fer (Jakson et Derby). *Cs.* 29 Sept., 844.
Laboratoire. Exactitude des aéromètres et des pesées (Démichel). *ScM.* Juillet, 277.
 — Creuset à essais chauffé au pétrole (Brikford). *E.* 28 Sept., 416.
 — Divers. *Cs.* 29 Sept., 832.
 — Eudiomètre universel (Woollatt). *CN.* 28 Sept., 151.
 — Zinc, titration par le ferrocyanure (Miller et Hall). *CN.* 12 Oct., 177.
 — Analyse microchimique (Pozzi Escot). *Rep.* 20 Sept., 253.
 — — du cuivre (Clark). *Ms.* Oct., 686.
 — — des minerais de fer titani-fères (Baskerville). *Id.*, 697.
 — — des aciers au chrome et au nickel. *Cs.* 29 Sept., 854.
 — Dosage industriel du zinc (Low). *Ms.* Oct., 687.
 — — de l'oxygène dissous dans l'eau de mer, les eaux d'égouts, etc. (Letts et Blake). *CN.* 5 Oct., 163.
 — — iodométrique des sulfites (Griffin). *Id.*, 695.
 — — des alcaloïdes. *Cs.* 29 Sept., 859.
 — — spectroscopique du caramel. *Cs.* 29 Sept., 859.
 — Recherche qualitative de l'acide iodique en présence des acides chromique, bromique, perchlorique, au moyen du sulfate de morphine (Reichard), *Ms.* Oct., 710.
 — Séparation qualitative du nickel et du cobalt par l'hydroxyde d'ammonium dans les ferrocyanures (Browning). *American Journal of Science.* Oct., 316.
Liège (Applications du) (Nafgzer). *Ms.* Oct., 712.
Molybdène. Détermination dans le fer (Dohler). *Ms.* Oct., 691.
Nitrocelluloses (Vignon). *CR.* 17-20 Sept., 530-509.
Oxycelluloses du coton, du lin, du chanvre et de la ramie (L. Vignon). *CR.* 1^{er} Oct., 558.

- Oxygène et oxyde de carbone* en présence des alcalis (Berthelot). *ACP.* Oct., 206.
- Perfluorure de soufre.* Action de l'effluve électrique (Berthelot). *ACP.* Oct., 205.
- Pétroles de Russie.* État actuel de nos connaissances (Corvisy). *RCp.* 5 Oct., 296.
- Photographie** en couleurs (Shepherd). *SA.* 21 Sept., 793.
- Chromo de poche (Démeny). *Ln.* 22 Sept., 271.
- Émulsion de gélatino-chlorure. *Cs.* 29 Sept., 849.
- sur soie (*Id.*), 850.
- Points de fusion* (Détermination des) (Tyrer et Lévy). *Cs.* 30 Sept., 845.
- Radium.* Spectre du (Demarcy). *Ryds.* 30 Sept. 1044.
- Saponification.* Vitesses de saponification de quelques graisses alimentaires (Lurig). *Ms.* Oct., 680.
- Savons.* Détermination de l'alcali libre ou combiné (Henriques et Mayer). *Cs.* 29 Sept., 857.
- Sélénates doubles de zinc* (Tutton). *RSL.* 3 Oct., 58.
- Sélénures de nickel (Fonzes Diacon). *CR.* 1^{er} Oct., 556.
- Silice.* Composés obtenus par le four électrique (Bradley). *CN.* 28 Sept., 149.
- Siliciure de fer.* SiFe^2 dans les ferrosiliciures alcalins (Lebeau). *CR.* 8 Oct., 583.
- Sucre de betterave* (Détermination du) (Kovar). *Cs.* 29 Sept., 850.
- Tannerie.** Divers. *Cs.* 29 Sept., 832.
- tannage continu. *Id.* 834.
- Teinturerie** (Revue de). (Reverdin). *Ms.* Oct., 663.
- Divers. *MC.* 1^{er} Oct., 315, 334; *Cs.* 29 Sept., 815, 841.
- Actinométrie appliquée à la mesure de la résistance des couleurs à la lumière et à leur solidité (Dosne). *SiM.* Juillet, 201, 207.
- Synthèse de l'indigo (Johnson). *CN.* 28 Sept., 152.
- Recherches sur l'indican (Schunck). *CN.* 12 Oct., 176.
- Théorie de la teinture de la laine (Gillet). *MC.* 1^{er} Oct., 305.
- Théorie de la teinture (Zacharias). *MC.* 1^{er} Oct., 307.
- Industrie des extraits de bois tinctoriaux et tannants (Schell). *MC.* 1^{er} Oct., 308.
- Teinturerie.** Fixation des couleurs basiques par l'acide tungstique (Biehler). *Id.*, 313.
- Fuchsine : combinaison avec les matières colorantes à groupe acide (Gillet). *Id.*, 314.
- Thermométrie* au platine. Recherches à l'Observatoire de Kew (Chree). *RSL.* 3 Oct., 3.
- Thermostat Régulateur.* Dorian. *SiM.* 249-276.
- Verre.** Action lente de l'acide bromhydrique (Berthelot). *ACP.* Oct., 206.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Accidents du travail* (Les) (Clément). *Rso.* Oct., 545.
- dans les prisons. *Ef.* 22 Sept., 393.
- Application de la loi anglaise. *E.* 28 Sept., 411; 5 Oct., 442.
- Assurances complètes* en cas de décès, de vieillesse ou d'invalidité (Fontaine). *Rso.* 16 Oct., 587.
- Ateliers* de la *National Cash Register Co.* *E.* 21 Sept., 358.
- Belgique.* Recensement général des industries et métiers. Les industries à domicile (Julin). *Rso.* 1^{er} Oct., 500.
- Caisses d'épargne.* Lyon et Marseille. *Ef.* 22 Sept., 396.
- Chili.* État social au (Subercaseaux). *Rso.* 16 Oct., 561.
- Chine* (La) et le monde civilisé. *Ef.* 29 Sept., 425.
- Collectivisme.* (Évolution du). *Ef.* 13 Oct., 502
- France.** Un acte de démente gouvernementale. La flotte marchande française. *Ef.* 22 Sept., 389.
- Différentes natures de richesses en. *Ef.* 6 Oct., 457.
- Répartition dans les divers départements. *Id.*, 13 Oct., 493.
- Industries et professions en. *Id.*, 461.
- Habitations à bon marché.* Congrès international des. *Musée social.* Juillet.
- Japon.* Situation actuelle. *Ef.* 13 Oct., 497.
- Métaux.* Production et prix dans ces dix dernières années. *Ef.* 6 Oct., 465.

- Nouvelle-Calédonie.* Avenir de la colonisation industrielle (Feillet). *Rso.* 1^{er} Oct., 531.
- Ouvriers.* Amélioration de leur sort aux États-Unis (Rivière). *Rso.* 16 Oct., 604.
- Protection légale des travailleurs.* Congrès de 1900. *Ef.* 13 Oct., 496. *Musée social.* Août.
- Russie.* Crise des capitaux en (Affanasief). *Rso.* 16 Oct., 577.
- Secours mutuels* et assurances sociales au XVIII^e siècle en Angleterre. (Basse-reau). *Rso.* 1^{er} Oct., 481.
- Sibérie.* Ressources agricoles et minérales. *USR.* Oct., 227.
- Sucrerie.* Industrie en Allemagne. *USR.* Oct., 160.
- Syndicat obligatoire* (Le). *Ef.* 29 Sept., 421.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Ciment armé.** Réservoir de 3 000 mètres cubes à Anvers. *Rt.* 10 Sept., 385.
- Matériaux ignifuges.** (Essais de). *Technology Quarterly.* Juin.
- Ponts à l'Exposition.** *VDI.* 15 Sept., 1246.
- allemands au XIX^e siècle. *VDI.* 6 Oct., 1337.
- tournants électriques. *E'*. 12 Sept., 373.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs** Polak. *EE.* 22 Sept., 441.
- Couplage des. Charge en parallèle de deux batteries et décharge en tension. *le.* 25 Sept., 403.
- Michalowski, Schloss, Beckmann. *EE.* 6 Oct., 45-47.
- Coefficient de température de l'accumulateur de plomb (Dolezalek). *EE.* 6 Oct., 48.
- au cadmium Commelin et Viaud. *Elé.* 13 Oct., 227.
- Aimants permanents** en acier. Influence de la trempe et des cycles de température sur le moment magnétique (Frank). *EE.* 13 Oct., 91.
- Câbles.** Modifications des propriétés électriques et organiques sous l'action prolongée des courants (Rheims). *CR.* 10 Sept., 505.

Caléfacteur électrique Ougrimoff. *Elé.* 22 Sept., 177.

Conductibilités calorifique et électrique des métaux (Rapport des) (Drude). *EE.* 29 Sept., 511.

Courants alternatifs. Solutions de quelques problèmes (Goldschmidt). *EE.* 13 Oct., 76-82.

Dynamos continues de la C^{ie} générale d'électricité de Creil. *Elé.* 29 Sept., 193.

— à tension différentielle Lanhofer. *Elé.* 29 Sept., 198.

— alternatives (Construction des) (Parshall et Hobart). *E.* 12 Oct., 464.

— Moteurs asynchrones (Calcul des) (Robert). *Bam.* Sept., 699.

— Alternatifs simples ou polyphasés à grand couple de démarrage Max Dery. *le.* 10 Oct., 425.

Éclairage. Arc. Intensité lumineuse de l'arc à courants continus (Ayrton). *EE.* 22 Sept., 458. Progrès des lampes (Blondel). *Id.*, 464.

— Incandescence. Procédé Malignani pour faire le vide. *Elé.* 22 Sept., 180. Erreurs d'appréciation des lampes (Rowland). *Fi.* Oct., 241.

Électro-aimants industriels (Guénée). *le.* 10 Oct., 427.

Électro-chimie. Procédé Hanz et Frash pour les mattes cuivre-nickel. *Eam.* 8 Sept., 272.

— à l'Exposition. *Ef.* 22 Sept., 391.

— Théorie des ions. *N.* 27 Sept., 524.

— Divers. *Cs.* 29 Sept., 830.

Frotteurs de collecteurs ou de bagues (Dittmar). *le.* 25 Sept., 405.

Interrupteur à liquide Grimshel. *EE.* 13 Oct., 87.

— Irrégularités des (Ruhmer). *Id.*, 88.

Mesures. Compensation des erreurs des wattmètres (Kallir). *EE.* 29 Sept., 508.

— Essais magnétiques des tôles de fer (Epstein). *EE.* 29 Oct., 49.

— Indicateur de courant à distance Michalki et Martensen. *EE.* 6 Oct., 52.

— Compteurs à courants triphasés (Mollinger). *le.* 10 Oct., 432.

Pile. Leclanché à aggloméré sec. *le.* 25 Sept., 404.

Pouvoir thermo-électrique de quelques oxydes métalliques Abt. *Cs.* 29 Sept., 56.

- Stations centrales.** Exposition, Bollinex. *E.* 21 Sept., 368. Allgemeine. *EE.* 29 Sept., 477; *E.* 12 Oct., 460. Du-jardin, Boulte-Larbodière, Bietrix. *EE.* 6 Oct., 5-18. Borsig. *EE.* 13 Oct., 57.
- Tarification rationnelle de l'énergie électrique : résultats. *Ie.* 25 Sept., 401.
- Usine d'Engins. *EE.* 6 Oct., 23.
- Télégraphie sans fils.** État actuel (Blondel et Ferré). *EE.* 22, 29 Sept., 471, 486, 491, 499. (Derome). *Ln.* 22 Sept., 269.
- Télégraphone Poulsen. *Gc.* 29 Sept., 399.
- Transport d'énergie** de Sjnerscelven à Christiania. *EE.* 29 Sept., 503.

HYDRAULIQUE

- Distribution d'eau** de Birmingham. *E'.* 12 Oct., 362.
- Forces hydrauliques** des Alpes (Tavernier). *APC.* 1900, n° 19.
- Utilisation par compresseurs hydrauliques directs (Webber). *EM.* Oct., 50.
- Moteurs hydrauliques.** Distributeurs Smith, Milner. *RM.* Sept., 378.
- Pompes à incendie** chimiques Merryweather. *E'.* 28 Sept., 324.
- Worthington. *RM.* Sept., 376.
- centrifuges De Laval. *RM.* Sept., 378.
- électriques Rudler, Erhardt et Schmer. *EE.* 13 Oct., 71-74.
- Trompes** (Théorie des) (Rateau). *RM.* Sept., 263.
- Turbines.** Régulateur Kuhn. *Dp.* 15 Sept., 588. Escher, Wyss. *EE.* 13 Oct., 64. Rush, Sentner. *Id.*, 69. Ganz. *Ri.* 15 Sept., 353. Winter, Handz. *RM.* Sept., 379. Théorie. (Novack). *Ru.* Août, 214. à l'Exposition de 1900. *VDI.* 6 Oct., 1348.

MARINE, NAVIGATION

- Boussole enregistreuse** de routes Heit. *Elé.* 13 Oct., 225
- Canal** de l'Elbe à la Trave. *Gc.* 13 Oct., 421.

Canot au pétrole (l'Abeille). *La.* 27 Sept., 626.

Constructions navales (esthétique des). *E'.* 28 Sept., 307.

— Stabilité des navires (Chaigneau). *Bam.* Juillet, 497.

Gouvernail Williamson. *RM.*, Sept., 1897.

Machines marines. Application de l'eau chaude à la propulsion des embarcations (Joubert). *Rmc.* Août, 213; Sept., 504.

— à quadruple expansion de l'Ivernina. *E.* 6 Oct., 436.

— Monte-cendres (Galloway). *RM.* Sept., 396.

Marines de guerre. Guerre hispano-américaine. *Rmc.* Août, 260.

— Économie dans les arsenaux. *Rmc.* Sept., 581.

— Blindages. Essais Armstrong. *E'.* 3 Oct., 334.

— américaine. *Rmc.* Août, 353. Le Maine. *Rmc.* Sept., 595.

— anglaise. *Rmc.* Août, 368; Sept., 695, 609. Croiseur cuirassé Essex. *F'* 12 Oct., 361.

— allemande. Croiseur armé Prinz Heinrich. *E'.* 21 Sept., 297; *Rmc.* Août, 382.

— française. *E.* 12 Oct., 476.

— italienne. *Rmc.* Août, 368; Sept., 622.

— russe. *Rmc.* Sept., 623.

Marine marchande russe. *E.* 3 Oct., 440.

— allemande à l'Exposition. *E.* 12 Oct., 435.

— armement paimpolais pour les pêches d'Islande. *Rmc.* Sept., 641.

— Navigation de la Tamise. *E.* 12 Oct., 357.

Paquebots. Cunard à 2 hélices Ivernina. *E.* 21 Sept., 368.

Phares. En acier de la pointe Jenningsree. *E'.* 21 Sept., 298.

— à l'incandescence, gaz ou pétrole. *Ri.* 13 Oct., 386.

— à l'Exposition. *E'.* 28 Sept., 311; 12 Oct., 359; *Rt.* 25 Sept., 409.

— Bouée au pétrole (Wigham). *E'.* 12 Oct., 479.

Pêche des perles au Vénézuëla. *Rmc.* Août, 444.

Port d'Anvers. Statistique. *Rmc.* Août, 401.

Tamise. Service de navigation à vapeur. *E'.* 21-28 Sept., 286, 309.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Essais préliminaires de navigation aérienne (Dex). *Rt.* 10 Sept., 393.

Air comprimé (Réchauffage de l') (Walker). *E'*. 28 Sept., 327.

— Compresseurs Atkinson, Haden et Hurn. *Rm.* Sept., 399.

Chaudières à l'Exposition Paucksh. *Ri.* 15 Sept., 350.

— à tubes d'eau Samson, Simonis, Hallett et Halliday. *Rm.* Sept., 356 (Joga). *Rt.* 19 Oct., 440.

— Purgeur Tunley. *Ri.* 15 Sept., 364.

— Alimentateur Watt. *Rm.* Sept., 360.

— Epurateur Ballureau. *Bam.* Sept., 769.

— Réchauffeur Lévi et Rodonicich. *Rm.* Sept., 357.

— Foyer à vent forcé Strikland et Gross. *Rm.* Sept., 357.

— Grilles Redpath et Reed, Wood. *Rm.* Sept., 358.

Drague Smulders pour Port-Arthur. *Gc.* 15 Sept., 365.

Engrenages hélicoïdaux. Tracé graphique (Croker) *AMa.* 30 Sept., 903.

Froid. Machines frigorifiques à l'Exposition. *Dp.* 29 Sept., 613.

Horlogerie. Pendule électrique Campêche. *Élé.* 22 Sept., 79.

Indicateur. Crowden. *E'*. 5 Oct., 344.

Levage. Manutention mécanique du coke et du charbon dans les usines de la Compagnie parisienne du gaz. *Gc.* 22-29 Sept., 369, 383.

— Ascenseurs de la Tour Eiffel. *Ln.* 6 Oct., 295. Hermann. *Rm.* Sept., 379.

— Convoyeur Hulett. *Rm.* Sept., 381 Dodge (*Id.*), 383.

— Pont roulant Naylor. *Rm.* Sept., 383. Tannett-Walker. *Id.*, 385.

— Treuil roulant électrique Singre. *Ie.* 10 Oct., 429.

Machines-outils. Commande par l'électricité. *VDI.* 15-22 Sept., 1243, 1279.

— de l'usine Loewe. *AM.* 13 Sept., 880.

— A l'Exposition (Fischer). *VDI.* 22 Sept., 1273. Fetu et Defize. *E.* 12 Oct., 467.

— Ateliers. La standardisation. *E.* 28 Sept., 409.

— Organisation commerciale (Diemer). *EM.* Oct., 73.

Machines-outils. Alésoir polygonal. *Rm.* Sept., 386.

— A tailler les pignons coniques Smith et Coventry. *Rm.* Sept., 334. Polanowski. *Id.*, 393.

— A faire les clous Atkins. *Rm.* Sept., 342.

— Fraiseuse Richards. *Rm.* Sept., 389.

— Marteau pour bandages Massey. *E'*. 21 Sept., 301.

— Meules Landis. *Rm.* Sept., 386.

— Perceuse multiple pour rails Lucas. *AMa.* 13 Sept., 877.

— Poinçonneuses Hill. *Ri.* 15 Sept., 349. Woodworth. *Rm.* Sept., 394.

— Perceuse pour chaudière Dalell. *Rm.* Sept., 389.

— Riveuses Naylor. *Rm.* Sept., 394. Foreman, Macenan Ross. *Id.*, 392.

— *Tours* à fileter. Lodge et Davas-Shipley. *E.* 21 Sept., 367. d'horlogerie Mosely, *Rm.* Sept., 395. Travail forcé sous l'eau. *AMa.* 13 Sept., 877. Chuck, Smith et Coventry. *Rm.* Sept., 387. Harnais Shellenbach (*id.*), 395.

— Taraudeuse Burr. *Rm.* Sept., 389.

— à bois à l'Exposition. *E'*. 5 Oct., 338.

Machines à vapeur à l'Exposition. *Dp.* 15

Sept., 584. Bollinckx. *E.* 21 Sept., 368; *E'*. 12 Oct., 355. Robey. *E'*. 21 Sept.,

297. Escher Wyss. *Dp.* 22 Sept., 597.

Van den Kerkove. *Ri.* 22 Sept., 361.

Ganz et Lang. *E'*. 28 Sept., 310. Miers. *Gc.* 13 Oct., 430; *E.* 5 Oct., 430.

— Accidents en 1898. *APC.* 1900. N° 22.

— A bielle triangulaire Wigzell. *Rm.* Sept., 351.

— Compound Restler, Crowden. *Rm.* Sept., 400.

— Condenseurs centraux (Oldham). *EM.* Oct., 56.

— Points faibles. *E.* 21 Sept., 375; *E'*. 28 Sept., 320.

— Théorie nouvelle. *E'*. 12 Sept., 367.

— Régulateur King. *Rm.* Sept., 401.

— Distribution Christensen. *Rm.* Sept., 348.

— à air liquide Linde. *Rm.* Sept., 408.

— à gaz. Théorie des (Deschamps). *Rm.* Sept., 513.

— Stuffing box Strong. *Rm.* Sept., 405.

Moteurs à gaz. Refroidisseur Debry et Philibert, *id.*, 404.

— A l'Exposition. *E'*. 12 Oct., 360.

— Équilibrage à grande vitesse (Favron). *La.* 27 Sept., 628; 4 Oct., 645.

— Allumage Meybach. *RM.* Sept., 402.

— Régulateurs Robinson, Joy et Excourt, *id.*, 104.

— Mise en train Strong. *RM.* Sept., 402.

— Installation de (Dawson). *E.* 28 Sept., 399; 12 Oct., 465.

— Au gaz à l'eau (Korting). *VDI.* 29 Sept., 1301; 6 Oct., 1345.

— A soufflerie Crossley, Atkinson. *RM.* Sept., 401.

— Emploi des moteurs à gaz pauvres pour les stations électriques (Thonet). *Ru.* Sept., 221.

— De 250 chevaux au gaz Mond. *E.* 12 Oct., 466.

— à pétrole. Wegelin, pour auto. Essai. *VDI.* 29 Sept., 1320.

— Refroidisseur Boulat. *Rc.* 13 Oct., 394.

— Kreutzberger, Simpson, Warren. *RM.* Sept., 397.

Résistance des matériaux. Spécifications américaines pour le fer et l'acier. *E.* 21 Sept., 381; 5 Oct., 449.

— Déformation et conditions de rupture dans les corps solides (de Noë), *APC.* 1900, N° 21.

Transmission par vis sans fin (Ernst). *VDI.* 15 Sept., 1229.

Timbreuse. Bickerdike. *Ln.* 6 Oct., 289.

Vis petites. *E.* 21 Sept., 364.

— Sujettes aux vibrations, *id.*, 365; *E'*. 21 Sept., 302.

— (pas des). Rapport de la British Association. *E'*. 21-28 Sept., 300, 319; *SA.* 28 Sept., 805.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Applications aux arts et manufactures (Steinmetz). *Fi.* Oct., 272.

Aluminothermie (I') (Lange). *E.* 5 Oct., 450.

Argent. Essai des cuivres argentifères (Lédoux). *Eam.* 15 Sept., 307.

Coke, district de Connelsville. *EM.* Oct., 17.

Cuivre. Action de l'oxygène. *Eam.* 8 Sept., 274.

Cuivre. Essai calorimétrique (Smith). *Eam.* 15 Sept., 307.

— et plomb, production pendant les dix premières années. *Ef.* 29 Sept., 429.

Fer et acier. Industrie sidérurgique française (Pinget). *E.* 21-28 Sept., 388-419.

— Application de la loi des phases de Gibbs (Roozeboom). *Rgds.* 30 Sept., 1041.

— Aciers moulés à l'Exposition (Abraham). *Gc.* 15-22 Sept., 358-379.

— Structure interne (Arnold). *E.* 28 Sept., 394.

— Fonte malléable. *Eam.* 8 Sept., 275.

— Machine à mouler Tabor. *RM.* Sept., 349.

— Forge portative Bauer. *E'*. 21 Sept., 301.

— Sidérurgie à l'Exposition (Bresson). *Ru.* Sept., 242.

Nickel (production du), *E.* 12 Oct., 472.

Or. A Liberty Bell, Colorado, Cyanuration. *Eam.* 22 Sept., 337.

— Klondyke Cap Nome. *Ef.* 13 Oct., 500.

Plomb. Usine de la Smelting Corporation Ellesmere. *Eam.* 29 Sept., 365.

Zinc. Procédé Sadtler. *Eam.* 29 Sept., 368.

MINES

Chevalet d'extraction en acier pour une mine d'Australie. *Eam.* 8 Sept., 275.

Corindon dans la Caroline du Nord (Pratt). *American Journal of Science,* Oct., 295.

Cuivre du Yucon. *Eam.* 8 Sept., 277.

— Natif du Michigan. *Eam.* 8 Sept., 278.

Cuvelage en bois, réfection par le procédé Portier (Wery). *Ru.* Sept., 295.

Détermination des minerais en roches par leurs réfringences maxima (Pirson et Robinson). *American Journal of Science,* Oct., 260.

Dynamitières (les) (Le Chatelier). *Im.* XIV, 17.

Electricité. Installations du charbonnage de Courcelles, Nord (Guysen). *Ru.* Août, 198.

Explosifs de sûreté. Emploi dans les houillères françaises (Delafond). *Im.* XIV, 1. De Belgique (Watteyne et Denoel). *Id.*, 59.

Exploitation à grandes profondeurs (Hrabak,

- | | |
|--|--|
| Poussigue, Stassart). <i>Im.</i> XIV, 135-375. | Portugal. Législation minière. <i>Ru.</i> Sept., 307. |
| <i>Exposition</i> (les mines à l'). (Habets). <i>Ru.</i> Août, 101. | <i>Roulage</i> à air comprimé à la houillère de Glen Lyon, Pennsylvanie. <i>Eam.</i> 5 Sept., 281. |
| <i>Lampe</i> à acétylène Baldwin. <i>Eam.</i> 15 Sept., 313. | <i>Séparateur</i> Wetherel. <i>Ri.</i> 6-13 Oct., 377, 389. |
| Or , au Klondike, <i>Eam.</i> 15 Sept., 307. | <i>Sibérie.</i> Richesses minérales (Glasser). <i>AM.</i> Juillet, 5. |
| — En Nouvelle-Écosse. <i>Eam.</i> 15 Sept., 309. | <i>Soude et potasse</i> (fonçage de puits dans les dépôts de). <i>Eam.</i> 22 Sept., 339. |
| <i>Perforation mécanique</i> dans le bassin de Charleroi (Ghyssen). <i>Ru.</i> Oct., 267 | |

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE



ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur les MACHINES
ÉLEVATOIRES de **M. Samain**, par **M. Ed. Collignon**, *Membre du*
Conseil.

MESSIEURS,

Un constructeur bien connu de la *Société d'Encouragement*, et auquel elle
a à plusieurs reprises décerné ses récompenses, M. Samain, a créé récem-
ment un nouveau type de machine élévatoire, auquel il a donné le nom de
machine hydrostatique, et qui nous paraît appelé à rendre d'excellents services
à l'industrie et aux municipalités. On peut en voir à Paris et à Versailles
d'intéressantes applications.

La machine de Versailles a pour but d'élever les eaux de filtres de
Picardie à une hauteur qui assure l'alimentation de tous les quartiers de la
ville. Comme puissance motrice elle utilise un certain volume d'eau emprunté
à l'aqueduc de Marly, 2 000 à 4 000 mètres cubes par vingt-quatre heures,
tombant d'une hauteur de 1^m,50. Le travail utile produit se résume dans
l'élévation, pendant le même temps, d'un volume variable de 70 à 120 mètres
cubes, à une hauteur de 28 mètres. Le rendement de l'appareil élévatoire
ressort en moyenne à 0,72.

Les parties fixes de la machine comprennent deux caisses cylindriques

en tôle, engagées l'une au dedans de l'autre, et montées sur un même axe vertical.

Le haut du cylindre extérieur est tenu un peu au-dessus du bief d'amont; le cylindre intérieur aboutit à ce même niveau, tandis que le fond est arrêté un peu au-dessous du niveau du bief d'aval. Un tuyau vertical en fonte, monté suivant l'axe des deux caisses, supporte le fond du cylindre intérieur, en jouant le rôle de *tuyau porte-fond*, et il établit en même temps la communication entre la partie mobile de la machine et l'eau motrice, tant pour l'alimentation que pour l'échappement.

Cette partie mobile se compose d'une troisième caisse cylindriques, ou cuve, dont la paroi glisse librement dans l'intervalle réservé entre les parois des deux caisses fixes. Le fond seul de la caisse mobile sert à la guider, au moyen d'un joint étanche, qui entoure le tuyau porte-fond, et qui glisse à frottement doux le long de sa surface extérieure. A sa partie supérieure la cuve est rattachée invariablement, par une traverse ou par un système de tiges assemblées, à un piston plongeur qui participe à son mouvement de va-et-vient; il aspire et refoule l'eau alternativement, dans un corps de pompe fixe, et dans un tuyau ascensionnel.

Le piston de la machine de Versailles a un diamètre extérieur de 440 millimètres, et il subit un déplacement de 1 mètre dans un sens et dans l'autre, comme la cuve à laquelle il est rattaché.

D'après cette description sommaire, on reconnaît que le jeu de la pompe sera assuré, dès que la cuve mobile recevra un mouvement alternatif de montée et de descente, et que ce mouvement résultera pour elle de l'admission de l'eau motrice, tantôt au dehors de la cuve, de manière à exercer son fond une pression de bas en haut, tantôt au dedans de la cuve, de manière à peser sur elle pour la faire descendre. On obtient ces mouvements alternatifs au moyen d'un appareil distributeur placé latéralement aux cylindres fixes. Il comprend essentiellement deux clapets conjugués qui ouvrent et ferment à l'instant opportun les cavités à vider ou à remplir. Le mouvement des clapets est commandé par un servo-moteur de petites dimensions, qui reçoit l'action directe de l'eau motrice.

La cuve mobile porte une tige verticale munie de taquets, qui ouvrent ou ferment au passage les orifices du servo-moteur lorsque la cuve atteint les extrémités de sa course. Le déplacement du servo-moteur entraîne le déplacement des clapets de distribution, et le changement de marche de la machine s'accomplit ainsi d'une manière automatique.

Les déplacements de la cuve mobile et du piston plongeur s'accomplissent régulièrement avec une certaine lenteur, ce qui contribue à réduire les frottements, à prévenir les mouvements tumultueux des filets fluides et les pertes de travail qui en seraient la conséquence. Grâce aux faibles vitesses réalisées, on peut considérer le mouvement comme une succession d'états d'équilibre, dans lesquels les pressions sont à chaque instant sensiblement réglées suivant la loi hydrostatique, ce qui justifie l'épithète *hydrostatique*, donnée par M. Samain à sa machine élévatoire. De là aussi le rendement élevé constaté pour son appareil.

L'ascension de la cuve mobile peut être comparée à celle d'un bateau dans le sas d'une écluse qui se remplit. Quant au mouvement inverse, on l'obtient, non seulement en écoulant dans le bief d'aval l'eau qui a servi à produire l'ascension, mais en introduisant une nouvelle quantité d'eau dans l'intérieur de la cuve pour augmenter son poids et déterminer la descente. La machine de Versailles est en définitive une machine à colonne d'eau à double effet, à air libre, qui met en mouvement une pompe aspirante et foulante à simple effet. L'un des caractères de cette machine élévatoire, c'est que la course de la caisse mobile n'a pas de relation nécessaire avec la hauteur de la chute ; à Versailles, la course est de 1 mètre, tandis que la hauteur de la chute motrice est de 1^m,50. On aurait pu aussi bien adopter une course de 1 mètre avec une chute beaucoup moindre, de 20 centimètres par exemple. La durée des pulsations eût été modifiée en conséquence, mais la machine eût permis d'utiliser une fraction presque égale du travail moteur disponible.

M. Samain a installé une autre machine à colonne d'eau, à Paris, dans un établissement municipal de la rue de la Convention, à la rencontre de la rue Lecourbe (XV^e arrondissement). C'est en ce point que devait s'opérer la jonction de deux égouts de la ville, le premier qui recueille les eaux vannes du quartier, le second qui n'est autre que l'égout collecteur dirigé vers le siphon du pont de l'Alma, et de là vers l'usine de Clichy. Le premier égout se trouve à 4 mètres au-dessous du second. Pour racheter cette différence de niveau, on a eu recours d'abord à des moteurs hydrauliques actionnant des pompes à balancier ; les dernières traces de ces premiers essais se trouvent encore dans le sous-sol. Mais ces machines n'ont pu développer qu'un travail insuffisant et en produisant un bruit sourd qui a soulevé les réclamations du voisinage. M. Samain a réussi à supprimer cet inconvénient en substituant à ces machines une machine à colonne d'eau, qui emprunte la puissance motrice à l'eau fournie par l'usine à vapeur Alain-Chartier, appar-

tenant à la ville. C'est en dépensant un certain volume d'eau propre qu'on se débarrasse des eaux d'égout malgré l'insuffisance du niveau auquel elles sont livrées (1).

La nouvelle machine comprend comme organe moteur un piston à simple effet, qui oscille dans un cylindre fixe; il descend par son poids, et il remonte par la sous-pression de l'eau motrice, qui est fournie à la pression de 33 atmosphères, défalcation faite des pertes de charge, par l'usine de la rue Alain-Chartier. Un appareil automatique assure les renversements du mouvement du piston à chaque fois qu'il atteint l'une des extrémités de sa course.

Comme organe d'aspiration et de refoulement, la machine emploie un cylindre, ou corps de pompe mobile, enveloppant un piston qui reste fixe. Le cylindre est rattaché au piston moteur et participe à son mouvement de va-et-vient. La pompe, comme la machine motrice, est à simple effet. Le poids du corps de pompe s'ajoute au poids du piston moteur pour produire le mouvement de haut en bas.

A chaque pulsation complète de la pompe, un volume de 4500 litres d'eaux vannes, puisées à l'égout inférieur, est élevé de quatre mètres et versé dans l'égout collecteur.

Le mécanisme de la distribution comprend deux tiroirs cylindriques soigneusement équilibrés : l'un est le tiroir principal, qui règle effectivement la distribution, l'autre est un tiroir auxiliaire relié à un levier, sur lequel viennent agir au moment convenable des heurtoirs rattachés au corps de pompe mobile. Pour produire le déplacement du tiroir principal malgré la grande pression de l'eau au sein de laquelle il est plongé, M. Samain a recours au tiroir auxiliaire, qui a de moindres dimensions, et qui est muni d'ailleurs, comme le tiroir principal, d'un piston d'équilibrage. La position la plus élevée du tiroir principal correspond à l'admission de l'eau motrice sous le piston pour le faire remonter; la pression de l'eau dans la boîte de distribution suffit alors pour maintenir le tiroir principal dans la situation qu'il occupe et qu'il doit conserver jusqu'à la fin de la course. Le changement de sens doit alors se produire; le levier supérieur bascule et entraîne le tiroir auxiliaire. L'eau motrice envahit aussitôt une nouvelle région de la boîte de distribution et le tiroir principal se déplace sous l'action des pressions nouvelles qui se développent. Le mouvement inverse

(1) En réalité l'usine de la rue de la convention comprend trois machines, dont l'une est actuellement au montage.

se réalise lorsque le piston moteur atteint l'autre extrémité de son trajet. Le déplacement mécanique d'un organe de faible poids suffit donc pour provoquer, par le simple jeu des pressions, le déplacement de l'organe principal qui règle la distribution de l'eau motrice.

Le type de machine à colonne d'eau imaginé par M. Samain se prête, comme on le voit, aux situations les plus diverses, et il fournit dans un grand nombre de cas une solution simple, élégante et réellement pratique de problèmes qui se présentent fréquemment dans les aménagements des eaux pour les villes. Si en pareille matière il paraît impossible de découvrir aujourd'hui quelque principe nouveau, on trouve du moins dans les machines de M. Samain une appropriation complète et parfaitement raisonnée des théories connues aux questions particulières qu'il avait à traiter, et qu'il semble avoir résolues chaque fois d'une manière très heureuse.

Le Comité des Arts mécaniques, Messieurs, a pensé que ces applications ingénieuses de l'hydrostatique méritaient d'attirer une fois de plus l'attention de la *Société d'Encouragement* sur les travaux et les études de M. Samain. Il vous propose en conséquence de le remercier de ses intéressantes communications et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, avec les dessins et les légendes nécessaires pour faire comprendre la description et le jeu des appareils.

Signé : E. COLLIGNON, rapporteur.

Lu et approuvé en séance le 9 novembre 1900.

MACHINE HYDROSTATIQUE ÉLÉVATOIRE, SYSTÈME Samain.

*Description de la machine hydrostatique de ce système établie à Versailles,
Pour élever les eaux des filtres de Picardie,
En utilisant comme force motrice l'eau venant de l'aqueduc de Marly.*

Les principales données de cette machine sont les suivantes :

Hauteur de chute	1 ^m ,50
Débit de la chute par vingt-quatre heures, 2,000 mètres	4,000 mètres cubes.
Hauteur du refoulement	28 mètres.
Rendement en eau élevée	70 mètres cubes.

Fonctionnement. — Dans la position représentée, en figure 1, des clapets du distributeur D, l'eau motrice, suivant les flèches, pénètre par l'intérieur du tuyau K, et s'élève dans l'intérieur de la capacité annulaire *m m* jusqu'au niveau de l'eau dans le bief d'amont.

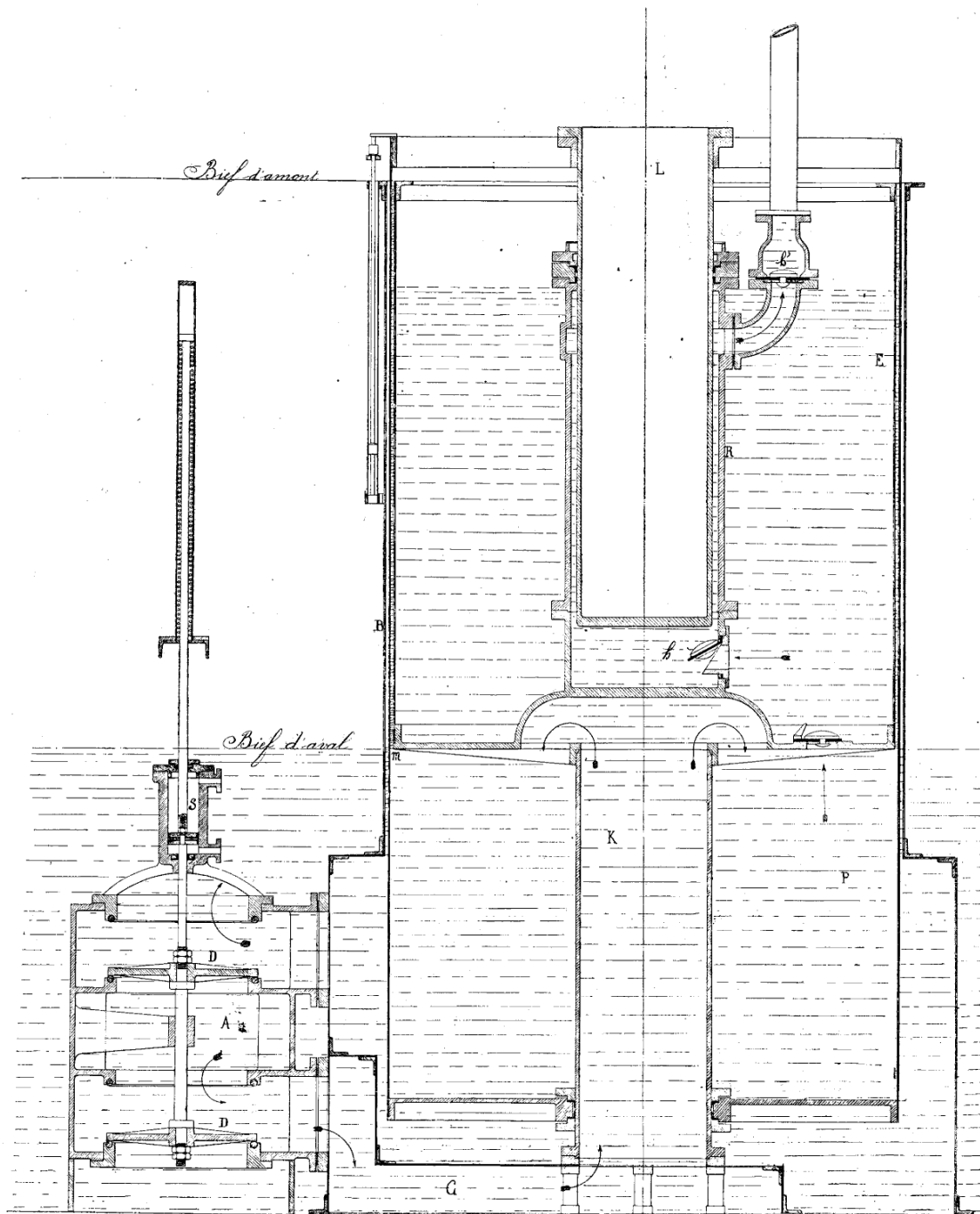


Fig. 1. — Machine hydrostatique élévatrice Samain servant à la ville de Versailles pour l'élévation des eaux des filtres de Picardie.

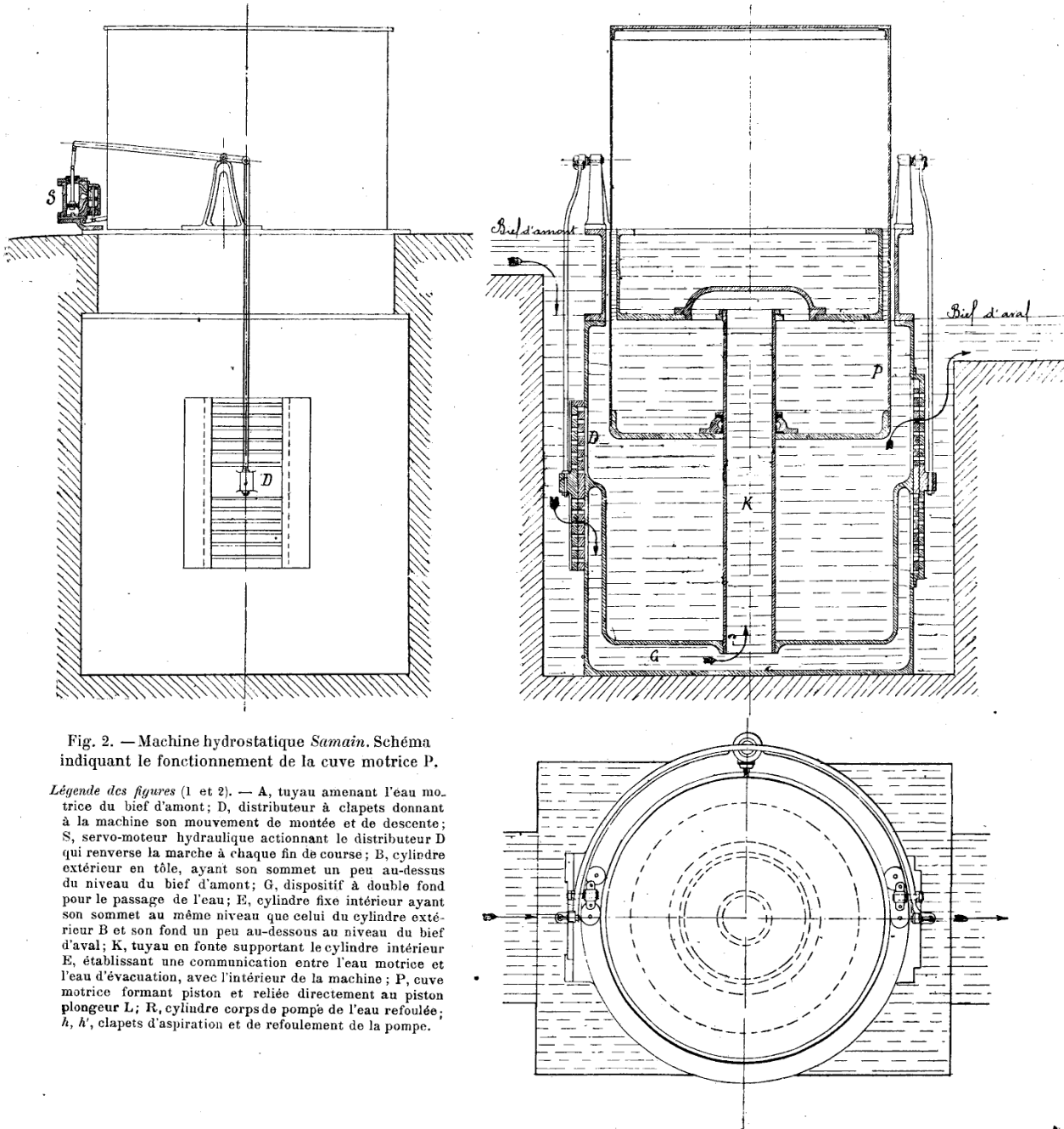


Fig. 2. — Machine hydrostatique Samain. Schéma indiquant le fonctionnement de la cuve motrice P.

Légende des figures (1 et 2). — A, tuyau amenant l'eau motrice du bief d'amont; D, distributeur à clapets donnant à la machine son mouvement de montée et de descente; S, servo-moteur hydraulique actionnant le distributeur D qui renverse la marche à chaque fin de course; B, cylindre extérieur en tôle, ayant son sommet un peu au-dessus du niveau du bief d'amont; G, dispositif à double fond pour le passage de l'eau; E, cylindre fixe intérieur ayant son sommet au même niveau que celui du cylindre extérieur B et son fond un peu au-dessous au niveau du bief d'aval; K, tuyau en fonte supportant le cylindre intérieur E, établissant une communication entre l'eau motrice et l'eau d'évacuation, avec l'intérieur de la machine; P, cuve motrice formant piston et reliée directement au piston plongeur L; R, cylindre corps de pompe de l'eau refoulée; h, h', clapets d'aspiration et de refoulement de la pompe.

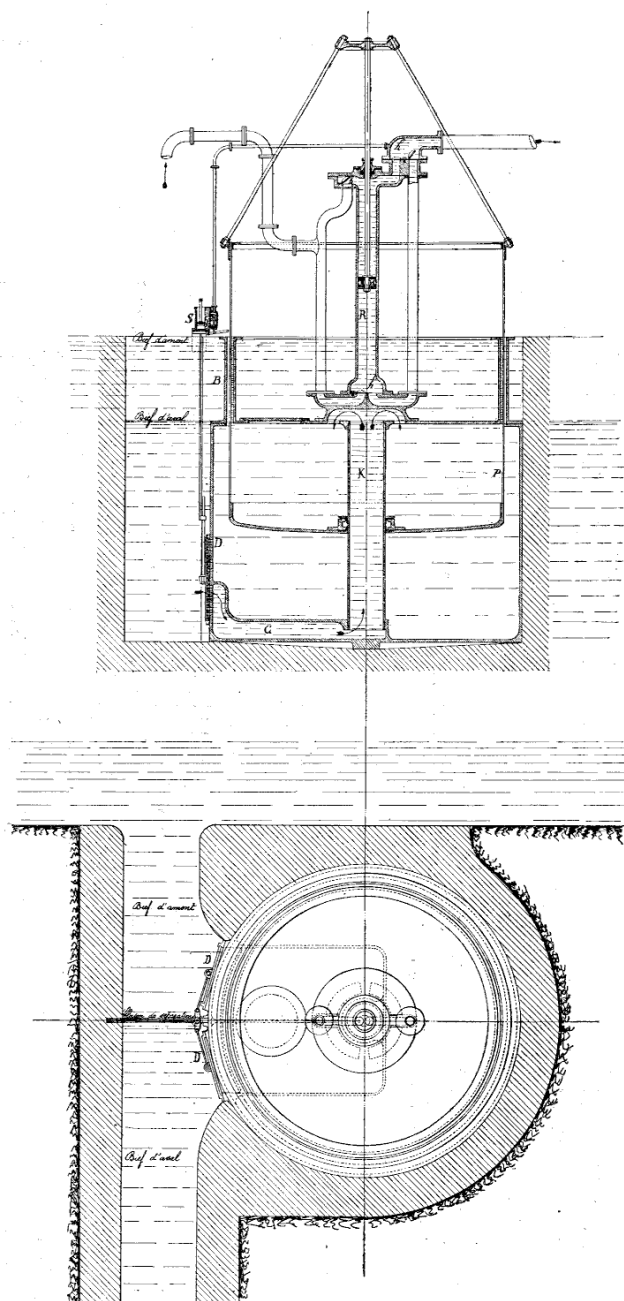


Fig. 3 — Machine hydrostatique élévatoire *Samain* à double effet.

Mais, la capacité annulaire PB n'étant pas remplie d'eau, puisqu'elle est en communication avec le bief d'aval, il en résulte que le fond du cylindre P est poussé de haut en bas avec une puissance égale à la hauteur de chute multipliée par sa surface.

En descendant, il actionne le piston L de la pompe, et un certain volume d'eau se trouve refoulé.

Un petit distributeur spécial, commandé par P aux extrémités de sa course, haut et bas, fait fonctionner le servo-moteur S du distributeur D, et renverse la marche dès que P arrive à ses fins de course.

La capacité annulaire PB étant, en figure 1, en communication avec le bief d'amont, et la capacité annulaire *m* ou PE en communication avec le bief d'aval, P va monter et le cylindre R se remplir, et ainsi de suite.

La puissance de montée et de descente de P est constante pendant toute la course, et sa course est quelconque, indépendante de la hauteur de chute; c'est-à-dire, qu'avec des chutes de 0^m,20, 0^m,50, 1 mètre, on pourrait avoir aussi bien 0^m,50, 1 mètre, etc., de course.

La machine motrice est à double effet, et la pompe à simple effet.

Ici on élève l'eau motrice, mais on comprend que rien n'est plus simple que d'élever une autre espèce d'eau, puisqu'on agit directement avec un piston ordinaire de pompe aspirante et refoulante.

Rendement. — A chaque montée et à chaque descente, on perd le volume d'eau contenu dans la capacité annulaire *m*. Ces capacités annulaires *m* et PB, qui ont pour hauteur celle de la chute, sont formées par le jeu nécessaire et inévitable entre les deux cylindres fixes B et E et l'organe moteur P. Ce jeu est faible, et la perte n'est que de 2 p. 100 environ du volume moteur dépensé.

On se rend compte que cette machine, quoique travaillant sous une faible chute, a un grand rendement : 72 p. 100 en moyenne, par suite de sa simplicité.

Le servo-moteur S est actionné par l'eau en pression empruntée, pour une portion insignifiante, à la colonne de refoulement.

MACHINE A COLONNE D'EAU SYSTÈME SAMAIN POUR L'ÉLEVATION AUTOMATIQUE DES EAUX VANNES
Installée à l'usine de la ville de Paris, rue de la Convention.

Cette nouvelle machine comporte (fig. 4 et 5) :

1° La partie motrice de la distribution par tiroirs cylindriques équilibrés (fig. 4);

2° La partie pompe aspirante et foulante (fig. 5).

La partie motrice se compose, en principe, d'un cylindre vertical, contenant un piston à simple effet qui descend par son poids et remonte sous l'action de l'eau en pression de 33 kilogrammes fournie à distance par l'usine de la rue Alain-Chartier. Le piston est donc animé d'un mouvement alternatif, et les changements de marche sont obtenus, aux fins de course, automatiquement par le système de distribution décrit ci-après.

La partie pompe se compose d'un grand piston fixe et d'une cuve mobile formant cylindre; cette cuve est fixée à la tige du piston moteur et se déplace avec lui. La cuve est pesante et la pompe est à simple effet.

Les dimensions et les masses en mouvement sont importantes, puisque le débit de la pompe est de 4500 litres par chaque course. La surélévation de l'eau entre les deux collecteurs d'égouts est de 4 mètres environ.

L'eau sous pression arrivant en E (fig. 4) communique par F avec le cylindre et fait monter le piston moteur en provoquant l'aspiration de la pompe.

Pendant cette période, le tiroir B reçoit la pression de l'eau motrice sur ses deux faces. Elles sont d'inégales grandeurs par le fait du piston M, et le tiroir est maintenu dans la position haute du dessin parce que le dessus du piston M est en communication avec l'échappement G.

Le piston moteur arrivant près de sa fin de course supérieure, un heurtoir relié à la cuve mobile de la pompe soulève le levier H et le tiroir auxiliaire central, qui vient occuper la position du dessin et qui s'y maintient grâce au piston d'équilibrage inférieur. L'eau en pression pénètre alors par la lumière *b*, pour arriver au-dessus du piston M, ce qui fait descendre immédiatement le tiroir principal B, lequel met en communication F avec G.

Le piston moteur descend en évacuant l'eau qui avait servi à le faire monter. Arrivé près de sa fin de course inférieure, un heurtoir relié à la cuve de la pompe abaisse le levier H, ainsi que le tiroir auxiliaire central, jusqu'à ce que sa barrette S vienne se placer au-dessous de la lumière *b*.

A ce moment, l'eau déjà introduite au-dessus du piston M est mise en communication avec l'échappement, et le tiroir principal remonte immédiatement. L'eau motrice pénètre à nouveau de E en F et fait remonter le piston, et ainsi de suite.

En raison de la grande distance de l'usine motrice aux pompes et des pertes de charge diverses, les pompes ne marchent réellement qu'à 33 kilogrammes.

Cette machine dépense 64 litres d'eau à 33 kilogrammes pour élever 4500 litres d'eaux vannes à 4 mètres.

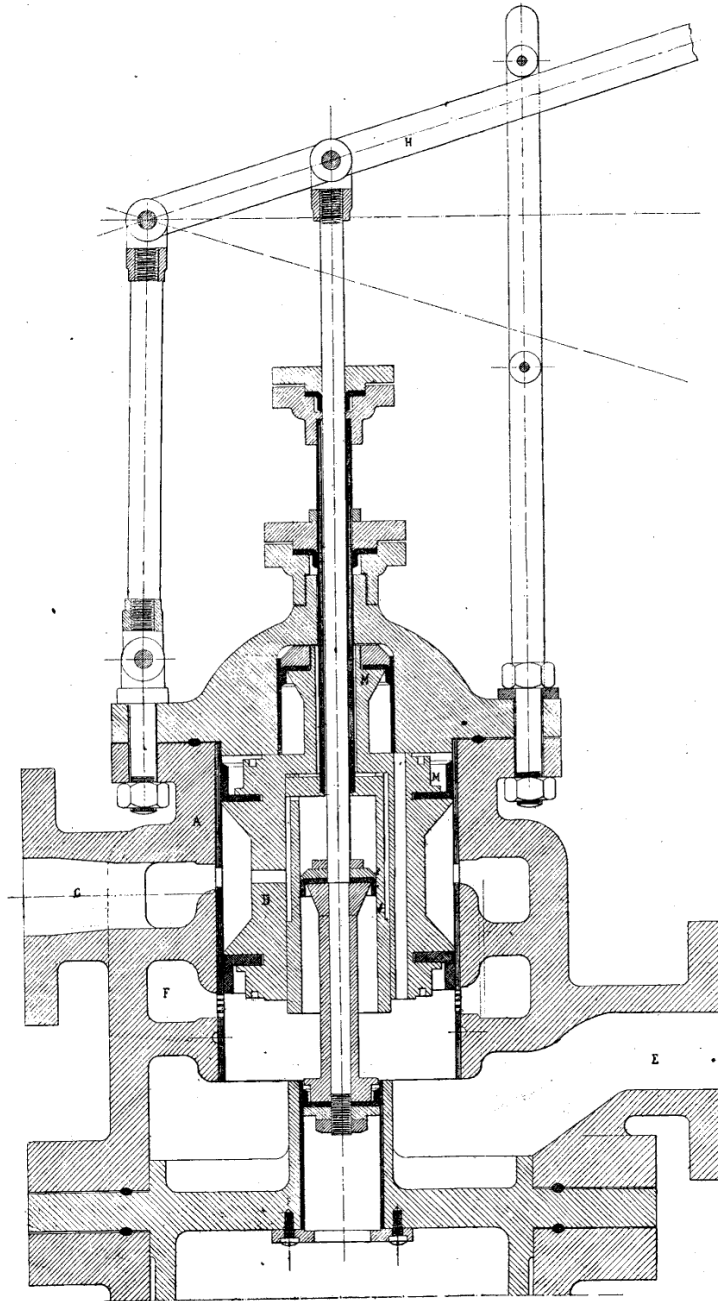


Fig. 4. — Machine à colonne d'eau pour l'élévation des eaux vannes, rue de la Convention. Détail de la distribution.

A, boîte à tiroirs; B, tiroir principal; C, tiroir auxiliaire; D, piston d'équilibrage au tiroir auxiliaire; M, piston d'équilibrage du tiroir principal faisant corps avec lui; E, arrivée de l'eau motrice en pression; F, communication avec le cylindre moteur sans le piston; G, échappement; H, levier de manœuvre du tiroir auxiliaire.

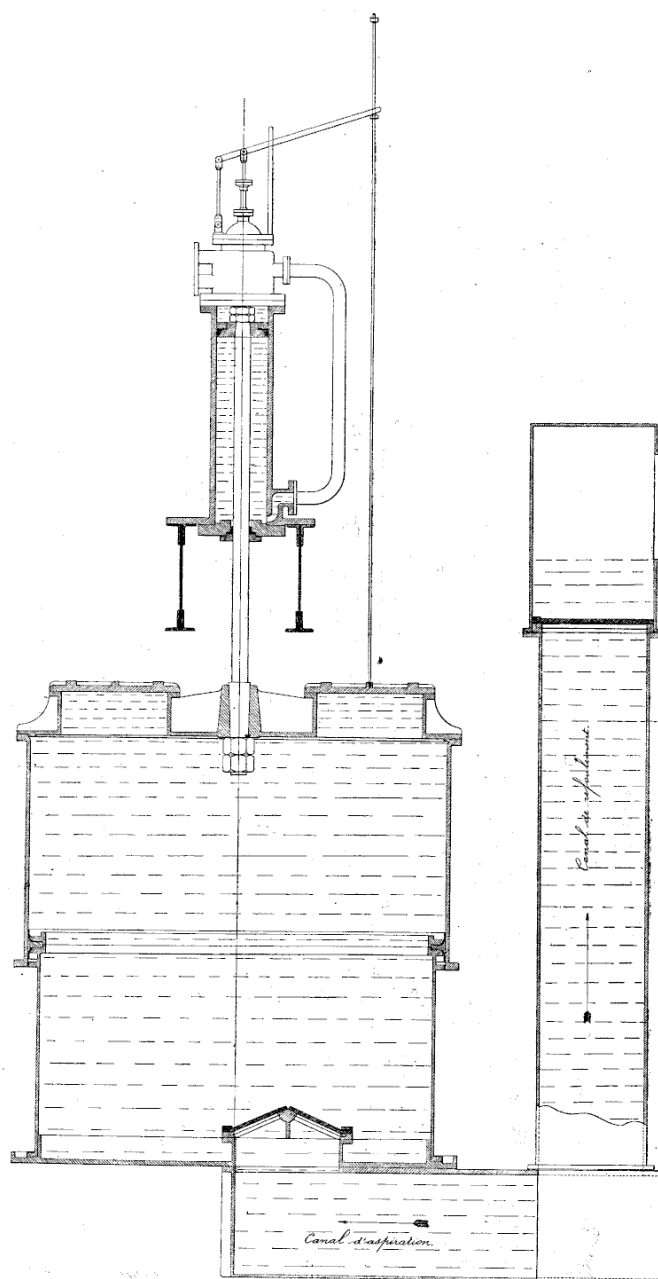


Fig. 3. — Machine à colonne d'eau pour l'élévation des eaux vannes, rue de la Convention, Ensemble.

MÉTALLURGIE

LE FER ET L'ACIER AU POINT DE VUE DE LA DOCTRINE DES PHASES (1),
par **H. W. Bakhuis Roozeboom**, traduit par **F. Osmond**.

INTRODUCTION

La question des rapports entre le fer et le carbone est d'une extrême importance, non seulement pour l'industrie sidérurgique, mais aussi pour la science. Malgré des travaux multipliés presque à l'infini pendant les dernières décades, elle n'a commencé à sortir du chaos que depuis peu d'années, grâce aux nouveaux principes scientifiques qui l'ont fait entrer dans une nouvelle période.

En 1896 encore, le baron de Jüptner, après avoir examiné les états du carbone dans le fer (2), pouvait conclure en ces mots : « Il semble singulièrement difficile de relier les nombreux faits d'observation, et de se faire une idée claire sur les différentes formes que peut prendre le carbone dans le fer et l'acier. La clarté ne se fera qu'au prix de recherches difficiles, autant que possible systématiques, et l'opinion que nous pouvons nous former aujourd'hui sur cette question est en partie, en grande partie, hypothétique. »

Cette appréciation n'était peut-être encore que trop optimiste, mais, heureusement, à peine était-elle émise que le pôle était trouvé.

Le 15 janvier 1897 paraissait une magistrale communication de M. Le Chatelier, *l'État actuel des Théories de la Trempe de l'Acier* (3), qui donnait mieux que ne promettait le titre. En réalité, c'était une tentative pour éclaircir tout l'ensemble des phénomènes qui se produisent dans les alliages solides de fer et de carbone, en partant de cette conception fondamentale que ces alliages se comportent en partie comme des solutions solides, capables de laisser déposer pendant le refroidissement, comme les solutions liquides, des corps simples ou composés, ou les deux à la fois.

En outre, M. Le Chatelier indique comment ces transformations doivent se relier aux transformations allotropiques du fer lui-même, dont Osmond avait soutenu l'existence.

(1) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, XXXIV, 437.

(2) *Chemisch-technische Vorträge*, 1, 433.

(3) *Revue générale des Sciences*.

Vers la même époque parut le quatrième rapport du professeur Roberts-Austen au Comité des alliages (1). Dans la discussion de ce rapport, l'auteur communique les premiers résultats d'essais portant sur les fers carburés; il se place, pour les expliquer, exactement au même point de vue que M. Le Chatelier, et précise dans une certaine mesure les considérations de ce dernier, en les mettant sous la forme d'un diagramme (2) où sont représentés les phénomènes de solidification et ceux de transformation de la masse solide.

C'était le premier essai pour donner un tableau complet des relations entre le fer et le carbone.

En 1898 nous trouvons deux notes du baron de Jüptner : *Beiträge zur Lösungstheorie von Eisen und Stahl*. Dans la première (3), l'auteur applique les lois des solutions étendues également à la séparation des corps solides de leur alliage liquide, et à la séparation du fer et de son carbure de leur solution solide; il cherche à calculer la condensation moléculaire du carbone dans ces conditions.

M. de Jüptner, lui aussi, s'était donc adressé à la théorie de la dissolution pour expliquer les phénomènes. Pour ses premiers calculs, il avait utilisé d'anciennes données. Après avoir eu connaissance du quatrième rapport précité de Roberts-Austen, il en prend les résultats pour base de ses calculs (4). Mais il s'appuie sur plusieurs hypothèses arbitraires, qui diminuent beaucoup la valeur de ses conclusions.

Dans son premier travail, il jette aussi un « coup d'œil général sur la manière d'être des alliages de fer », en partant de l'analogie complète entre ces alliages et les solutions salines.

S'appuyant sur mes recherches relatives au système chlorure ferrique-eau (5), il explique comment la connaissance exacte des séparations qui peuvent se produire à différentes températures et pour différentes concentrations permet de déterminer les conditions de stabilité des divers éléments possibles.

Ainsi cherche-t-il à rendre compte soit de la solidification des alliages liquides, soit de la formation et de la disparition des constituants structuraux à l'état solide (6).

Dans ses déductions, il va beaucoup plus loin que Roberts-Austen; mais ses conclusions, très détaillées, sont très incertaines; en l'absence de documents exacts et, de plus, très obscures, parce que le passage des solutions liquides

(1) *Proc. of the Inst. of Mechanical Engineers*, 4 février 1897, p. 70 et 90.

(2) *Loc. cit.*, pl. XI.

(3) *Stahl und Eisen*, 1898, nos 11, 12 et 13.

(4) *Stahl und Eisen*, 1898, n° 22.

(5) *Zeits. f. physikalische Chemie*, t. X, p. 477 (1892).

(6) *Stahl und Eisen*, 1898, n° 13.

aux solutions solides n'est pas, comme nous le verrons, aussi simple qu'il le croyait, et que cette question n'était pas encore élucidée à l'époque de sa publication.

Mais le plus récent et le plus important travail qui ait paru dans ces dernières années est le cinquième rapport de sir Roberts-Austen au Comité des alliages (1). Il est consacré tout entier à la question de l'acier et forme la recherche la plus étendue et la plus précise qui ait encore vu le jour. Les essais ont été faits avec des matières aussi pures que possible; les méthodes employées consistaient dans la détermination des courbes de refroidissement et dans l'étude micrographique des alliages soumis à des conditions de refroidissement différentes.

Au moyen d'un procédé extrêmement ingénieux et sensible, on enregistrait les changements de température d'un couple thermo-électrique enserré dans la masse abandonnée au refroidissement lent, et on déterminait ainsi, pour des alliages de teneurs variables en carbone, les températures auxquelles se produisent les dégagements de chaleur dus aux phénomènes de solidification ou de transformation.

Les résultats ont été discutés par Roberts-Austen et Stansfield, du point de vue de la théorie de la dissolution, pour arriver à un tableau d'ensemble des conditions d'existence des différents constituants.

Mais le résultat est beaucoup plus satisfaisant que celui de M. de Jüptner, parce que les données numériques utilisées sont plus nombreuses et plus sûres, et aussi parce que les particularités insuffisamment connues ont été laissées de côté.

Un peu plus tard, M. Stansfield a encore résumé les résultats généraux (2).

Si j'interviens à mon tour dans cette importante question, c'est que je me suis beaucoup occupé dans ces derniers temps de l'étude des transformations dans les corps solides. Le processus de telles transformations dans toutes les conditions de concentration, déduit de la doctrine de phases, a été le sujet d'une série de travaux de ma part et de celle de mes élèves, et nous sommes arrivés à des vues tout à fait nouvelles (3).

Il est devenu possible de compléter les interprétations de Roberts-Austen, de les rectifier çà et là, ou, tout au moins, d'ouvrir la voie à de nouvelles recherches pour la solution des nombreuses difficultés encore pendantes.

En même temps, je saisis une occasion favorable pour faire mieux comprendre à beaucoup de chimistes l'extrême importance de la doctrine des phases, même dans les problèmes pratiques. Et ce n'est qu'un début.

(1) *Proc. of the Inst. of Mechanical Engineers*, 9 février 1899.

(2) *Journ. Inst. Mech. Engin.*, 169, 1899.

(3) *Zeits. Physikalische Chem.*, t. XXVIII, p. 494 (1899); t. XXX, p. 385 et 430 (1899); t. XXXII, p. 494 et 537 (1900).

Toutes les nouvelles recherches sur les alliages faites en France et en Angleterre n'ont visé, consciemment ou inconsciemment, qu'un seul but, celui que la doctrine des phases a la première mis à notre portée, c'est-à-dire déterminer les conditions d'existence (concentration, température, pression, etc.) de chacune des phases (solides, liquides et, s'il y a lieu, gazeuse) que peuvent former deux ou plusieurs corps en présence.

C'est le but que visait aussi M. de Jüptner. Pour l'atteindre, dans ce cas du système fer-carbone, de nombreuses recherches sont encore nécessaires. Mais quand ce système sera une fois bien compris, l'étude des autres systèmes où l'acier est formé par des corps tels que le nickel, le manganèse, le chrome, le tungstène, et celle de l'influence des métalloïdes, silicium, bore, soufre, phosphore, seront grandement facilitées et pourront être poursuivies plus utilement.

Il n'y a pas de doute que l'industrie ne tire de là son profit. Quand elle aura une fois compris le concours que peuvent lui prêter ces études théoriques, la science et la pratique trouveront une nouvelle occasion de fructueux échanges.

Les observations que je veux présenter reposent entièrement sur les essais de Roberts-Austen, dont je reproduis les courbes dans la figure 1. La figure 2 donne mon interprétation personnelle, du moins celle qui me paraît la plus vraisemblable. J'y étais arrivé dès la fin de 1897, après la lecture de l'exposé de Le Chatelier. C'était avant la publication du travail de Jüptner et le quatrième rapport de Roberts-Austen ne m'était pas connu. C'est le besoin d'expliquer les rapports entre le fer et le carbone qui a proprement donné le branle à mes plus récentes théories et à mes expériences sur la formation et la transformation des cristaux mixtes.

Les résultats représentés par la figure 2 ont été communiqués le 18 février 1898 à la « Natuurkundig Genootschap » d'Amsterdam. J'en ai différé la publication : 1° parce que beaucoup de données anciennes me paraissaient douteuses ; 2° parce que je voulais d'abord éprouver la justesse de mes idées théoriques en faisant des essais sur d'autres systèmes qui forment des cristaux mixtes. Maintenant, les travaux de mes élèves ont confirmé mes conceptions générales, et les essais de Roberts-Austen ont appuyé dans une large mesure mon interprétation des rapports entre fer et carbone ; je n'ai plus de motif pour reculer.

Je dois prier les praticiens qui pourraient remarquer çà et là dans ce travail quelques assertions erronées de vouloir bien les relever. Il me sera aussi très agréable d'accueillir toutes observations sur les points qui pourraient comporter une signification différente de celle que je leur ai attribuée et sur ceux que j'aurais pu négliger.

Enfin, il doit être entendu que les considérations suivantes ne s'appliquent qu'à la nature et au nombre des phases qui peuvent exister séparément ou

ensemble. Je ne m'occupe en aucune façon, parce que la doctrine des phases n'est plus ici d'aucun secours, de la grandeur, de la distribution ni de la forme de ces phases dans les masses solides; ces variables peuvent dépendre du trai-

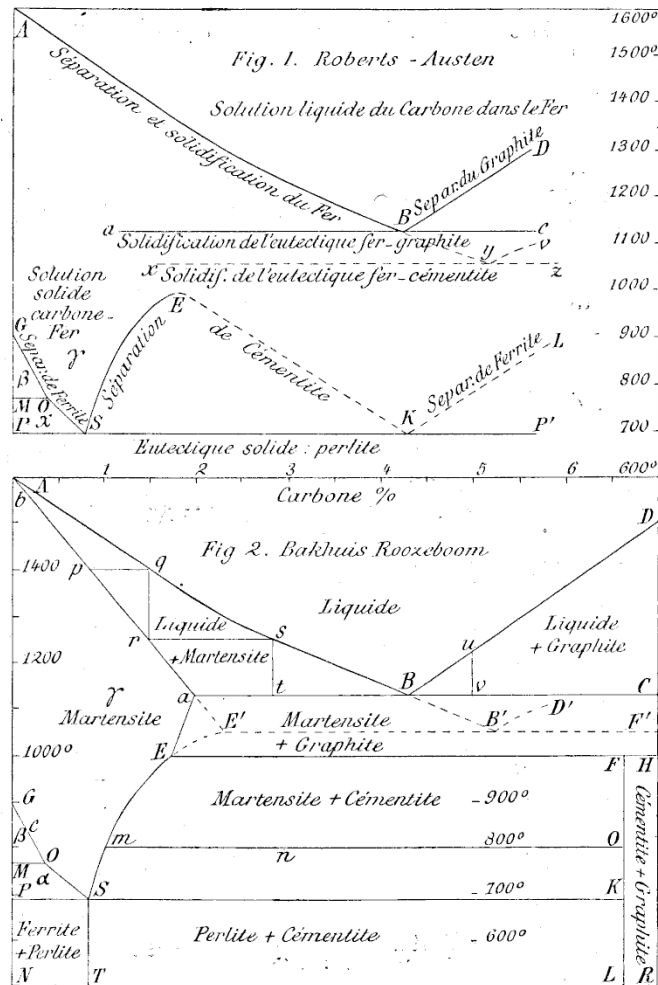


Fig. 1 et 2.

tement thermique ou mécanique et d'ailleurs, à beaucoup d'égards, leur importance pratique peut n'être pas moindre que celle de la nature, du nombre, de la composition et de la transformation des phases.

§ 1. — Solidification des mélanges fondus.

1. *Teneurs en carbone 0 à 4,3 p. 100.* — Les points de solidification, pour des teneurs en carbone de 0 à 5,5 p. 100 sont donnés par les courbes *AB* et *BD*. Mais ces courbes ne représentent que le commencement du phénomène. Sur sa fin, il règne, du côté de la courbe *AB*, une grande incertitude.

Il est tout à fait sûr que les solutions appartenant à la courbe *AB* laissent déposer, jusqu'à 4,3 de *C*, non du fer pur, mais une solution solide; refroidie rapidement, cette solution peut rester non transformée à la température ordinaire et on l'appelle martensite.

Sur la composition de ces cristaux mixtes, — car la martensite possède une structure nettement cristalline, — Roberts-Austen n'apprend rien, et ses vues sur ce point, comme celles de Stansfield, sont très peu fixées. La question s'éclaircit immédiatement si l'on applique ma théorie, déjà éprouvée par plusieurs exemples, de la solidification des cristaux mixtes et que l'on trace la seconde courbe *Aa* (fig. 2); chaque point de cette courbe donne la teneur en carbone des cristaux de martensite qui se séparent, à la température de l'ordonnée, d'une solution ayant pour teneur en carbone l'abscisse du point de *AB* situé sur la même horizontale.

Par exemple, à 1400°, d'une solution de composition *q*, se séparent d'abord des cristaux mixtes de composition *p*. D'après une loi solidement fondée en théorie et constamment vérifiée jusqu'ici, les cristaux mixtes sont moins riches en carbone que le liquide, puisque ce liquide se solidifie à des températures progressivement décroissantes et, par conséquent, s'enrichit en carbone au fur et à mesure du dépôt des cristaux mixtes. La solidification doit être graduelle. Le point de solidification s'abaisse, les nouveaux cristaux mixtes sont plus carburés, et si la distribution du carbone s'égale assez rapidement, la solidification se termine enfin à la température du point *r*, placé sur la verticale passant par *q*; le résultat est une masse homogène de martensite. La dernière liqueur mère a donc la composition du point *s*.

Il doit résulter de là que l'intervalle de solidification *qr* croît avec la teneur en carbone. La détermination de cet intervalle permettrait de construire la courbe *Aa*, et on aurait ainsi la composition des cristaux mixtes déposés à différentes températures, sans qu'il fût nécessaire de les isoler et de les analyser.

L'extrême difficulté du tracé des courbes de refroidissement pour les températures très élevées n'a pas, jusqu'à présent, permis à Roberts-Austen de déterminer cette courbe *Aa*. J'ai supposé qu'elle était une ligne droite et se terminait à 2 p. 100 de carbone (en raison de la position du point *E* qui sera décrit plus loin).

Le point a a la même ordonnée que le point de solidification minimum B que Roberts-Austen donne à 1130° . B est un point eutectique résultant de l'intersection de la courbe AB et de la courbe BD qui représente la séparation du graphite. Ainsi, à 1130° , la liqueur mère qui s'est enrichie en carbone jusqu'à 4,3 p. 100, par suite de la séparation des cristaux mixtes, se solidifie en un conglomerat de cristaux mixtes et de graphite. Donc, la courbe Aa doit aussi se terminer à 1130° . Si a correspond à 2 p. 100 de C , la solidification progressive de toute la masse sous forme de cristaux mixtes homogènes ne se produira que pour les liquides de 0 à 2 p. 100 de C .

Pour les liquides de 2 à 4,3 p. 100 de C , la solidification aura lieu comme suit. Soit s la composition du liquide : des cristaux mixtes r commencent à se séparer; puis, la solution passe de s à B et les cristaux mixtes de r à a , tandis que la température descend à 1130° . Le refroidissement dans l'intervalle est donc graduel. A 1130° , la masse en partie solidifiée est formée d'une liqueur mère B et de cristaux mixtes a dans le rapport at/Bt . Enfin, la chaleur continuant à se dissiper, la liqueur mère se solidifie en un conglomerat de graphite et de nouveaux cristaux mixtes a qui s'ajoutent aux premiers. Pendant cette transformation, la température reste constante.

Ainsi, pour les liquides de 2 à 4,3 de C , nous avons d'abord une solidification progressive, puis un arrêt de température. Quand, dans cette catégorie, la teneur en C monte, la première période du refroidissement diminue, la seconde augmente. Au point B , la température reste constante pendant toute la solidification.

On devrait donc déduire la position exacte du point a de la disparition du dégagement de chaleur à 1130° . Roberts-Austen a bien constaté ce dégagement pour diverses teneurs en C , d'où la ligne aB . D'après sa figure, cette ligne s'arrêterait vers 1,2 de C . Mais il m'a indiqué que le point terminal pourrait être erroné et la limite voisine de 1,8. Il n'y aurait cependant rien de surprenant à retrouver l'arrêt de 1130° pour des concentrations plus faibles. Si, en effet, les cristaux mixtes successivement séparés ne prennent pas assez vite l'état correspondant à la température constamment décroissante, il peut arriver, même pour les teneurs en C inférieures à 2 p. 100, qu'un peu de liqueur mère subsiste jusqu'à 1130° et se solidifie alors (1).

Les températures très élevées auxquelles se produisent ici les phénomènes rendent probable une transformation rapide; mais le refroidissement, forcément assez rapide, peut déterminer un retard. D'après les exemples connus de solidification de cristaux mixtes, il y a toujours retard. Si tel est le cas, la

(1) Heycock et Neville ont observé un fait semblable pour les alliages d'or et d'aluminium : *Trans. Roy. Soc.*, t. CXCLV, p. 230; de même pour les alliages d'antimoine et d'étain : Reinders, *Zeitschrift f. anorg. Chemie*, t. XXIV.

courbe *Aa* devra être ultérieurement déterminée pour un refroidissement très lent; il reste cependant douteux que l'on parvienne de cette manière à fixer la limite inférieure de la solidification.

2, *Teneurs en carbone supérieures à 4,3 p. 100.* — Les liquides contenant plus de 4,3 de *C* laissent déposer du graphite par refroidissement jusqu'à une certaine température. La courbe *BD* (fig. 1) a été construite jusqu'à 1300° et 5,5 de *C*. Elle donne le début de la solidification et montre que ce début s'élève avec la teneur en carbone. On peut dire aussi que *BD* est la courbe de solubilité du graphite dans le fer. D'après Moissan, la solubilité atteindrait à 3500° la valeur de 40 p. 100 de *C*; elle augmenterait donc plus vite que la température. Si, à une température suffisamment haute, le fer et le carbone liquides se mélangaient en toutes proportions, la courbe *BD* conduirait au point de fusion du graphite.

Pendant le refroidissement, les liquides riches en carbone laissent donc déposer progressivement du graphite. Si ce graphite est du carbone pur ou s'il contient encore un peu de fer en solution solide, c'est ce que l'analyse n'a pu décider. Comme le graphite, en raison de son faible poids spécifique, se rassemble sous forme d'« écume » à la surface du bain, il est évidemment impossible de le séparer exactement du liquide mère riche en fer. Il se peut encore que le graphite, quand même il ne contiendrait pas de fer, se séparât à différents états, suivant la température et la concentration : dans ce cas, la courbe de solubilité du graphite dans le fer ne serait pas continue, mais formée de plusieurs branches avec autant de points de rebroussement.

Les faits connus n'apprennent rien de certain sur ces desiderata.

La séparation du graphite de la masse fluide s'étend, pour chaque concentration, sur un certain intervalle de température; ainsi, pour une teneur en carbone de 5 p. 100, elle va de *u* à *v*, c'est-à-dire de son point d'origine sur la courbe *BD* jusqu'à l'horizontale *BC*. Au fur et à mesure de la séparation du graphite, la liqueur mère se déplace concurremment vers *B*, jusqu'à ce qu'elle arrive finalement à 4,3 de *C* p. 100.

Si le refroidissement continue, la liqueur mère restante se solidifie en masse, comme nous l'avons déjà vu, sous forme d'un conglomérat de graphite et de cristaux mixtes de martensite de composition *a* (2 p. 100 environ).

Le point *B* est donc un point eutectique, comme il peut s'en présenter dans tout système de deux corps et dont le système eau-sel et beaucoup d'alliages offrent des exemples bien connus. La masse qui se solidifie au point *B* n'est pas plus un composé défini qu'un cryohydrate solidifié.

Sa structure offrirait probablement les caractères particuliers qui distinguent d'habitude les alliages eutectiques et qui sont dus à la solidification complète des particules liquides à température constante en un conglomérat dont la com-

position, pour le cas considéré, est de 97,7 parties de cristaux mixtes de martensite à 2 p. 100 de *C* et de 2,3 parties de graphite. En raison de la cristallisation simultanée des deux éléments, les conglomerats de cette nature prennent une structure si fine que l'usage de forts grossissements et de procédés d'attaque convenables est nécessaire pour la distinguer.

Mais le conglomerat eutectique à 4,3 de *C* n'a pas encore pu être observé, parce qu'il se transforme, en totalité ou en partie, comme nous le verrons bientôt, quelle que soit la vitesse du refroidissement.

Après solidification complète au-dessous de 1130° des différents mélanges liquides, nous aurions donc :

1° Tous les mélanges contenant de 0 à 2 p. 100 de *C* seraient des cristaux mixtes homogènes, chaque mélange formant une seule phase solide et possédant une structure homogène, comme il a été prouvé par l'examen microscopique de beaucoup de ces mélanges, préservés de la transformation par le refroidissement rapide.

2° Pour les mélanges contenant de 2 à 4,3 de *C*, nous pourrions prévoir un squelette de cristaux mixtes à 2 p. 100 de *C* séparés en premier lieu et, comme remplissage, le conglomerat eutectique dont la proportion croît en même temps que la teneur en carbone.

3° Pour les teneurs en carbone supérieures à 4,3 p. 100, nous aurons un squelette de graphite et le conglomerat eutectique dans l'intervalle. Le graphite libre augmentera avec le carbone total du mélange, mais sans atteindre jamais, du moins par refroidissement lent, une valeur bien élevée, puisque le graphite séparé d'abord se liquate à la surface du bain encore liquide.

C'est pourquoi la teneur de 5,5 de *C* n'a pas été dépassée dans les essais.

Du point de vue de la doctrine des phases, les mélanges classés sous les numéros 2 et 3 se confondent sous une seule rubrique, puisque les deux sortes de conglomerats sont également formées de graphite et de cristaux mixtes à 2 p. 100 de *C*. Mais leur structure diffère en ce que le rôle de cristaux libres est tenu par l'un ou l'autre des éléments selon que le carbone est au-dessus ou au-dessous de 4,3 p. 100. J'ai négligé le fait que les mélanges fondus à 2 p. 100 de *C* et au-dessus, refroidis rapidement, ne laissent pas déposer de graphite, mais un carbure (fonte blanche). C'est là un état métastable, comme nous le verrons.

§ 2. — Phénomènes de transformation dans les mélanges solides contenant plus de 2 p. 100 de carbone.

Les trois catégories ci-dessus définies de mélanges solides ne gardent qu'exceptionnellement leur structure et leur composition immédiate au-dessous

de 1130°; et, lorsque cela arrive, ils présentent aux températures inférieures un état métastable. Si, au contraire, ils atteignent leur état d'équilibre définitif, c'est après avoir traversé une ou plusieurs transformations.

Ces transformations, partie à cause de la difficulté des recherches, partie à cause du défaut de vues théoriques claires sur les transformations possibles dans les cristaux mixtes et leurs complexes, n'ont été que très incomplètement étudiées; cela est vrai surtout des mélanges à haute teneur en carbone, dont je m'occuperai tout d'abord.

1. *Transformation entre 1130° et 1000°.* — Nous avons admis que tous les mélanges au-dessus de 2 p. 100 de C étaient formés, après solidification, de conglomerats de graphite et de cristaux mixtes de martensite à 2 p. 100 de carbone. Si nous considérons les cristaux mixtes comme une solution solide, nous pouvons, par analogie avec ce que nous savons des solutions liquides, mettre aussi les mêmes faits sous la forme suivante: en contact avec un excès de graphite, la solution solide à 1130° ne peut pas contenir plus de 2 p. 100 de carbone.

Cet énoncé ne suppose pas, remarquons-le en passant, que le carbone soit à l'état de graphite dans la solution solide.

Si maintenant le conglomerat cristaux mixtes + graphite continue à se refroidir, la concentration de la solution solide variera. Dans quel sens, nous ne le savons pas au juste. J'ai admis que la solubilité diminuait avec la température, ce qui est la règle sans exception pour tous les cas étudiés dans mon laboratoire pendant ces dernières années (1). Pour représenter cette diminution de solubilité, j'ai tiré à partir du point *a* la ligne *aE*; le point terminal *E* correspond à environ 1000° et 1,8 de carbone: son existence est rendue assez vraisemblable par les essais de Roberts-Austen.

Si ma conception est bien fondée, le conglomerat cristaux mixtes + graphite doit, entre 1130° et 1000°, se modifier de telle sorte que la teneur en carbone des cristaux mixtes s'abaisse de 2,0 à 1,8 p. 100, avec séparation de graphite. Pour les mélanges au-dessus de 4,3 de carbone, cette séparation se produirait seulement dans le conglomerat eutectique; pour les mélanges moins carburés, elle s'étendrait aussi aux cristaux mixtes libres.

C'est là l'origine du carbone qui est désigné sous le nom de graphite invisible (Forquignon) ou carbone graphitique de recuit (Ledebur). Cette conception est appuyée par le fait que la fonte grise peut être trempée par refroidissement rapide. La trempe empêcherait ainsi la séparation ultérieure du graphite qui persiste toujours en partie, comme nous le verrons, au cours des transformations postérieures.

(1) Van Eyk, *Zeits. physikal. Ch.*, t. XXX, p. 430 (1899). — Reinders, *Ibid.*, t. XXXIII, p. 494 (1900). — Hissink, *Ibid.*, t. XXXIII, p. 537 (1900).

Par refroidissement lent, nous aurions toujours à 1000° un conglomerat de cristaux mixtes à 1,8 de C et de graphite.

A 1000° environ, il se produirait dans ces conglomerats une seconde et plus importante transformation en un composé chimique Fe^3C lequel, considéré comme élément de structure, est appelé cémentite. La solution solide se transforme en composé défini.

Le processus de ce phénomène dans les différents mélanges demande à être examiné de plus près.

2. *Transformation vers 1000°*. — Jusqu'à ces derniers temps, ce genre de transformation était très obscur, parce qu'on ne connaissait pas d'exemple comparable et que le cas fer-carbone était très difficile.

Nous nous tournons de nouveau du côté des solutions liquides et nous demandons comment les combinaisons chimiques s'en séparent. Depuis le développement de la doctrine des phases, nous savons que la formation de composés chimiques peut se produire de deux manières, tout à fait indépendamment de l'espèce et du caractère chimique des deux éléments de la solution. Le premier cas se présente pour les combinaisons chimiques qui ont un point de fusion propre, comme l'hydrate de chlorure ferrique (1) et certains composés d'aluminium et d'or (2). Le composé s'isole alors à une température déterminée d'une dissolution de même composition; si la composition est modifiée, dans un sens ou dans l'autre, la température de formation s'abaisse et la séparation du composé, au lieu de se faire en une seule fois, devient graduelle.

Le même type de transformation peut se présenter dans le changement de cristaux mixtes en composé défini; je l'ai déduit de la théorie (3) et il a été rencontré dans mon laboratoire par M. Adriani avec l'oxyme camphorique (4). Le sel double HgI^2 , $2AgI$ donne un autre exemple pareil qui sera bientôt publié.

Tel n'est pas le cas du système fer-carbone : nous ne pouvons pas avoir ici de cristaux mixtes de la composition Fe^3C , c'est-à-dire contenant 6,6 p. 100, puisque leur teneur maximum en carbone est 2 p. 100.

Mais il est encore un second cas que présentent fréquemment les hydrates salins, par exemple le sel de Glauber. Ici, une solution liquide de composition Na^2SO^4 , $10H^2O$ ne peut pas exister; on ne peut avoir qu'une solution plus pauvre en sel, quand bien même on aurait saturé l'eau chaude de l'anhydride Na^2SO^4 . Si nous refroidissons une telle solution, en présence de Na^2SO^4 solide en excès, au-dessous de 32°, la solution saturée se combine à cette température avec le sel anhydre pour donner Na^2SO^4 , $10H^2O$, et, suivant les proportions des

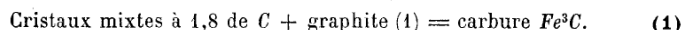
(1) *Zeits. physical. Ch.*, t. X, p. 477 (1892).

(2) Heycock et Neville, *l. c.*

(3) *Zeitz. physikal. Ch.*, t. XXVIII, 513 (1898) et t. XXX, 444 (1899).

(4) *Ibid.*, t. XXXIII, p. 468 (1900).

deux phases, ce sera l'un des deux systèmes $Na^2SO^4, 10 H^2O$ + solution ou $Na^2SO^4, 10 H^2O$, + Na^2SO^4 qui subsistera au-dessous de 32° . Le même processus s'applique aux solutions solides en présence d'un de leurs constituants; il suffit de remplacer H^2O par fer et Na^2SO^4 par carbone et tout sera dit. Ainsi, vers 1000° , on aurait la transformation suivante :



La preuve que ce carbure existe bien dans les aciers de différents teneurs en carbone et qu'il est un vrai composé défini résulte de nombreux travaux; et les derniers doutes, à mon avis, ont été levés par les belles recherches de Mylius, Förster et Schöne (2).

Comme le carbure contient 6,6 p. 100 de C, il résulte de l'équation ci-dessus que tout complexe de cristaux mixtes + graphite contenant moins de 6,6 de C gardera, après formation complète du carbure, un excès de cristaux mixtes; si la teneur primitive en carbone était supérieure à 6,6, c'est un excès de graphite qui resterait.

C'est pourquoi sur la figure 2, à la température de 1000° , on passe du domaine $CBaEFH$ (qui est celui du complexe cristaux mixtes + graphite) à l'un des deux domaines situés au-dessous de EF (martensite + cémentite), ou de FH (cémentite + graphite), suivant que la teneur initiale en carbone total était inférieure ou supérieure à 6,6 p. 100.

Presque tous les mélanges étudiés jusqu'à présent rentrent dans le premier de ces deux domaines. Je vais donc regarder maintenant dans quelle mesure les résultats de ces études concordent avec mon hypothèse, c'est-à-dire avec la délimitation $CBaEFH$ du domaine martensite + graphite entre 1130° et 1000° et le passage vers 1000° au domaine martensite + cémentite.

Aucune recherche, à ma connaissance, ne prouve que le fer carburé contenant plus de 2 p. 100 de carbone et refroidi lentement soit, entre 1130° et 1000° , un complexe de martensite et de graphite. Pour pouvoir constater cette structure à la température ordinaire, il faudrait refroidir l'éprouvette à partir d'une température supérieure à 1000° avec une vitesse suffisante pour que la formation de cémentite à 1000° fût complètement évitée. Pour les teneurs en carbone inférieures à 2 p. 100, cette formation de cémentite peut bien être évitée par un refroidissement assez rapide; mais le processus de transformation est alors différent. Il est possible que la formation de la cémentite soit moins difficile dans le cas des hautes teneurs en carbone et que les conglomerats

(1) Si le graphite contenait du fer, il serait plus exact de comparer la transformation à la formation d'un composé chimique à partir de deux couches liquides; c'est ce qui se passe avec beaucoup d'hydrates de gaz.

(2) *Zeits. f. anorg. Chem.*, t. XIII, p. 38 (1897).

martensite + graphite ne puissent être assez bien fixés par refroidissement rapide pour que leur structure ait pu être établie. Cependant on a toujours pu constater la présence de graphite dans les mélanges refroidis contenant plus de 2 p. 100 de carbone. Mais l'existence du complexe martensite + graphite dans un certain intervalle de hautes températures ressort si impérieusement de l'examen du diagramme que j'ai peu de doutes sur le bien fondé de mon hypothèse.

De même, en raison de la présence de la cémentite aux températures inférieures, il est nécessaire que le complexe martensite + graphite se transforme quelque part en carbure. Je place cette transformation à 1000° parce que la courbe *SE* de Roberts-Austen, dont il sera reparlé, a pu être tracée jusque vers cette température et que cette courbe se rattache forcément à la courbe *aE*, comme nous le verrons plus loin; mais il reste entendu que la position exacte du point *E* peut s'écarter plus ou moins de 1000°.

Si la formation du carbure suivant l'équation (1) se produisait toujours sans retard, elle se montrerait exactement à la même température pour toutes les teneurs en carbone; c'est pourquoi la ligne *EFH* a été tracée horizontale. Cela est une conséquence de la loi des phases : à une pression déterminée, trois phases, — ici, la martensite à 1,8 de *C*, le carbure et le graphite, — ne peuvent coexister qu'à une seule température. De plus, d'après les principes de la thermodynamique, la formation du carbure doit être accompagnée d'un dégagement de chaleur.

Comme Roberts-Austen a aussi employé la méthode thermique pour déterminer les transformations éventuelles dans les mélanges solidifiés, il aurait dû trouver, pour toutes les teneurs en carbone supérieures à 1,8 p. 100, comme conséquence de la formation de la cémentite, un dégagement de chaleur à 1000°, croissant avec la teneur en carbone jusqu'à 6,6 p. 100.

En fait, sur sept échantillons dont la teneur était comprise entre 2 et 5,5 de *C*, il n'y a que les teneurs de 2,7 et 4,5 qui aient montré sur les courbes de refroidissement un arrêt aux températures respectives de 1040° et 1000° (1). À défaut de renseignements, je ne sais pas si ces arrêts sont très marqués. Il est probable que non.

Ma supposition sur la formation de cémentite à 1000° dans tous les mélanges au-dessus de 1,8 de *C* n'est donc que faiblement étayée par l'expérience. Mais cela pourrait s'expliquer par les raisons suivantes.

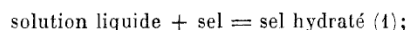
D'abord, les belles recherches de Roberts-Austen n'ont pas été poussées bien loin pour les hautes teneurs en carbone. Ensuite, la chaleur de formation

(1) D'après l'équation (1), ces mélanges devraient contenir respectivement 19 et 56 p. 100 et de leur masse transformée en cémentite.

de la cémentite suivant l'équation (1) peut être très petite. Les dernières recherches de mon laboratoire ont montré que l'effet thermique d'une transformation de cristaux mixtes est quelquefois très petit, à tel degré que la méthode thermique ne donnerait que des indications nulles ou mauvaises.

Peut-être la dilatation ou quelque propriété mécanique fournirait-elle un meilleur critérium. Mais, à ma connaissance, on n'a pas fait sur le fer de recherches dans ce sens pour les hautes teneurs en *C*.

En troisième lieu, l'effacement de la transformation à 1000° peut être dû à un retard. De tels retards sont fréquents dans la transformation



ils doivent être encore plus faciles dans le cas d'une solution solide comme la martensite; peut-être aussi les mélanges parasites, toujours présents dans les fers très carburés qui ont servi aux expériences, ont-ils une influence défavorable.

Si les causes énumérées s'ajoutent, il se peut qu'une ligne tranchée telle que *EFH* ne puisse être obtenue par aucun moyen, tout en étant l'expression du changement d'état stable.

En tout cas, l'existence du retard résulte déjà des essais connus, et elle est encore rendue plausible par la distribution des phases solides. Ainsi, l'examen microscopique a trouvé du graphite dans tous les mélanges de 1,8 à 5,2 de *C*. Comme, théoriquement, une teneur en carbone de 6,6 p. 100 pourrait encore se transformer en cémentite, la présence du graphite dans tous les mélanges moins carburés doit s'expliquer par une transformation incomplète.

Pour les mélanges contenant de 4,3 à 6,6 de *C*, nous voyons bien comment cela peut arriver. Ces mélanges, au-dessus de 1000°, sont constitués par un squelette de cristaux de graphite avec, dans l'intervalle, le mélange eutectique intime martensite + graphite.

Ce dernier contient en moyenne 4, 3 de *C*, il ne peut donc pas se transformer complètement en cémentite, mais seulement en un complexe de 52 p. 100 de cémentite et de 48 p. 100 de cristaux mixtes à 1,8 de *C* répartis entre la cémentite. Il est facile de comprendre que ce résidu de martensite soit mal placé pour réagir sur le squelette de graphite qu'entourait l'eutectique primitif et qu'une partie au moins puisse rester intacte, bien que la totalité eût pu être employée à la formation de cémentite.

Il n'est pas aussi facile de rendre compte de la présence du graphite dans les mélanges au-dessous de 4,3 de *C*. Dans ceux-ci, au-dessus de 1000°, il

(1) Mes recherches sur le sulfate de thorium fournissent à cet égard un exemple très frappant. *Zeits. physikal. Chem.*, t. V, p. 498 (1890).

existe un squelette de cristaux de martensite à 1,8 p. 100 de *C* et, alentour, le mélange eutectique. Ce dernier, comme on l'a dit, pourrait se transformer partiellement en cémentite, sans laisser de graphite, mais encore de la martensite; le squelette de martensite ne trouverait donc nulle part de graphite pour se combiner avec lui.

Puisque cependant il reste du graphite, il faut que celui de l'eutectique n'ait pas été complètement utilisé (1). Mais on peut croire que la réaction donnant naissance à la cémentite est très difficile, même dans le mélange intime de martensite et de graphite qui constitue l'eutectique. Telle me paraît être la cause principale de la présence constante du graphite et du faible dégagement de chaleur enregistré par les courbes de refroidissement suivant la ligne *EFG*.

Nous concluons donc que la transformation du complexe martensite + graphite en cémentite vers 1000° est incomplète et s'étend sur un grand intervalle de température.

3. *Influence de la vitesse du refroidissement.* — Dans les mélanges contenant moins de 4,3 de *C* p. 100, la cémentite se forme presque exclusivement dans l'eutectique. A teneur égale en carbone, la quantité de graphite restant libre devrait donc diminuer quand on ralentit le refroidissement. Mais c'est justement le contraire qui arrive, selon l'opinion générale. A cela on peut trouver deux explications.

1° La distance horizontale entre les points *a* et *E* serait beaucoup plus grande que je ne l'ai supposé : il se produirait alors aux dépens des cristaux mixtes, pendant le refroidissement entre 1130° et 1000°, un supplément de graphite non compensé par une formation équivalente de cémentite pendant le refroidissement lent au-dessous de 1000°.

2° La cause peut être dans les conditions de la solidification. Jusqu'ici, à propos des mélanges contenant 2 p. 100 de *C* ou plus, nous avons toujours supposé une solidification lente se terminant normalement au point eutectique *B* et aboutissant à un conglomérat de martensite + graphite. Mais par refroidissement rapide, ces mélanges dont la teneur en carbone est supérieure à 2 p. 100 peuvent donner de la fonte blanche. Cela aussi peut s'esquisser sur notre figure 2; si le refroidissement rapide retarde la séparation du graphite, les courbes *AB* et *Aa* devront, en pareil cas, se prolonger un peu plus bas et se terminer à la température *E'*, point de rencontre des prolongements de *aA* et de *SE*. Nous obtenons alors en *B'* un nouvel eutectique formé de cristaux

(1) Si, entre 1130° et 1000°, la teneur en carbone des cristaux mixtes s'abaissait plus rapidement que je ne l'ai supposé par la ligne *aE* (p. 618), les cristaux mixtes pourraient sans doute aussi, dans ce domaine, laisser déposer du graphite qui échapperait en partie à la transformation en cémentite.

mixtes E' et de carbure, et à partir de B' vers la droite devrait se trouver une nouvelle courbe $B'D'$ correspondant au commencement d'une séparation de carbure des mélanges liquides contenant au moins environ 5,3 p. 100 de carbone.

Le point terminal de la solidification serait maintenant sur la ligne $E'BF'$ (environ 1030°), et nous n'avons plus ainsi comme produit de la solidification qu'un conglomérat de martensite (à 2,3 p. 100 environ de C) avec de la cémentite (1). Immédiatement après la solidification, ce serait là un système métastable, puisque la ligne $E'BF'$ est tout entière contenue dans le domaine du système stable martensite + graphite. Mais comme, par hypothèse, ce système se transforme peu après, au-dessous de 1000° , en martensite + cémentite, le conglomérat martensite + cémentite peut très facilement franchir l'intervalle, à la faveur du refroidissement rapide, et arriver intact au-dessous de 1000° , dans le domaine où il est définitivement stable (2). On conçoit donc, si le refroidissement rapide retarde la séparation du graphite, que la cémentite se forme beaucoup plus facilement en partant du mélange fondu qu'elle ne le fait en partant du conglomérat solide martensite + graphite au-dessous de 1000° .

Il résulte de tout cela que dans le cas des mélanges contenant 2 p. 100 de C ou plus, il ne suffit pas de distinguer entre le refroidissement lent et le refroidissement rapide, comme dans le cas des mélanges moins carburés; il faut encore distinguer trois périodes, celle de la solidification, celle qui est placée entre la solidification et 1000° et la période au-dessous de 1000° . Le refroidissement rapide n'agit pas de même pour ces trois périodes : il a pour résultat de diminuer la teneur en graphite ou de l'augmenter selon que l'on considère les deux premières périodes ou la troisième.

Comme les recherches antérieures n'ont pas fait de distinction entre les trois périodes, il n'est pas étonnant qu'elles n'aient pas apporté de preuve nette en faveur de l'exactitude de la figure 2. Il n'est pas impossible que les essais futurs, s'ils en tiennent compte, établissent l'existence de la ligne EFG , la plus importante.

Au lieu des courbes de refroidissement, il vaudrait peut-être mieux déterminer les courbes d'échauffement, et cela sur des mélanges riches en car-

(1) Roberts-Austen a admis dans sa figure, suivant une suggestion de Le Chatelier, les lignes By , yv et xyz , également pour expliquer la solidification sous forme de fonte blanche riche en cémentite; mais ces lignes n'ont pas été reliées à celles de gauche.

(2) Mon opinion diffère donc totalement de celle de Moissan (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 722, 1897), qui pense que le carbure, comme l'ozone et Ag^2O , ne peut se former qu'aux températures élevées et se décompose progressivement pendant le refroidissement. Ce corps n'aurait donc aux basses températures qu'une apparente stabilité. Je pense exactement le contraire.

bone, solidifiés et refroidis rapidement. Ces mélanges contiennent alors beaucoup de cémentite qui devrait, dans la marche normale, se transformer à 1000° en martensite + graphite. D'une manière générale, les transformations de cette nature s'accomplissent beaucoup mieux à température montante qu'à température descendante. Dans le cas qui nous occupe, on sait déjà que le recuit au-dessous du point de fusion sépare du graphite de la cémentite, mais je ne connais pas d'expériences exactes. Peut-être aussi devrait-on préférer à la méthode thermique la méthode dilatométrique qui se prête particulièrement bien à l'étude des transformations lentes, pourvu que le changement de volume concomitant ne soit pas trop petit.

On pourrait encore essayer de suivre la transformation sur le carbure pur qui peut s'isoler par le procédé de Mylius et de Moissan. On réussirait peut-être à déterminer ainsi la température où commence la séparation du graphite. Les propriétés connues de ce carbure sont bien d'accord avec mon schéma de la figure 2; en effet, si on le réchauffe, comme l'a fait Mylius, à la température de fusion, une partie du carbone monte à la surface sous forme de graphite et le régule refroidi ne contient plus que 4,3 de *C* au lieu des 6,6 de la cémentite primitive. On peut conclure de là que la transformation du carbure a été complète dans le trajet de 1000° à 1130°.

4. *Transformations entre 1000° et 690° et à 690°.* — Au-dessous de 1000°, les mélanges contenant de 1,8 à 6,6 p. 100 de *C* seraient, d'après le diagramme, des conglomerats de martensite à 1,8 de *C* + cémentite, auxquels se mélangeraient, comme on l'a vu, des quantités plus ou moins grandes de graphite libre.

Si nous considérons la martensite comme une solution solide, nous pouvons dire que cette solution, au contact du carbure Fe^3C (cémentite) ne peut pas contenir à 1000° plus de 1,8 de *C* et qu'elle est alors saturée par rapport à la cémentite. Cette solution, en contact avec la cémentite au-dessous de 1000°, changera de composition avec la température comme nous avons déjà admis qu'elle le faisait au-dessus de 1000° au contact du graphite.

Mais tandis que la ligne *aE* était hypothétique, la ligne *ES*, qui représente ce dernier changement, est connue d'après les essais d'Osmond et de Roberts-Austen. Ces essais ont déterminé les températures auxquelles la cémentite commence à se séparer pendant le refroidissement de la martensite homogène. La courbe a été construite depuis 1000° et 1,8 environ de *C* jusqu'à 600° et 0,85 de *C*.

Si donc nous refroidissons au-dessous de 1 000° un mélange donné, la teneur en carbone de la martensite doit s'abaisser progressivement de 1,8 p. 100 à 0,85, avec formation de cémentite. D'après l'expérience, les choses se passent toujours ainsi pourvu que le refroidissement soit assez lent. Lorsque la transformation

est complète, la cémentite formée représenterait environ 16 p. 100 de la martensite originelle.

Peut-être trouve-t-on, en outre, dans les mélanges refroidis lentement, une certaine proportion de cémentite supplémentaire formée entre la martensite et le graphite.

Jusqu'à présent, l'accroissement de cémentite pendant le refroidissement de 1000° à 690° n'a pas encore été constaté, parce qu'on n'a pas encore cherché à fixer l'état correspondant à différentes températures ni à doser la cémentite par l'analyse ou le microscope.

A 690° se place la dernière transformation sûrement connue. C'est à cette température que la courbe *ES* coupe une autre courbe *OS* qui représente la séparation du fer pur (ferrite) de la solution solide, et, par suite, que la martensite finale à 0,85 de *C* se transforme totalement en ferrite + cémentite; la cémentite correspond à un total de 13 p. 100 de la martensite.

Les transformations en question au-dessous de 1000° semblent toujours se produire dans tous les mélanges dont la teneur en carbone dépasse 2 p. 100, peut-être parce que, dans ces mélanges, la cémentite est présente dès l'origine et agit comme un germe pour rassembler les dépôts ultérieurs. La preuve en est que la transformation de 690° se produit régulièrement aussi pour les hautes teneurs en carbone.

La transformation totale de la martensite résiduelle à 690° change cette dernière en un conglomerat très divisé de ferrite + cémentite, connu, comme élément de structure, sous le nom de perlite. Tous les mélanges de 1,8 à 6,6 p. 100 de *C* devraient donc, au-dessous de 690°, être formés de perlite ou de cémentite avec, éventuellement, un reste de graphite : domaine au-dessous de *SK* (fig. 2).

L'horizontale *SK* est donc la limite inférieure du domaine *FESK*, comprenant les systèmes qui sont composés, à l'état stable, uniquement de martensite (variable avec la température) et de cémentite, mais qui contiennent encore à l'habitude du graphite non transformé.

D'après cela, la proportion de cémentite, au-dessous de 690°, devrait croître avec la teneur en carbone total. C'est bien aussi ce qui arrive pour les fontes blanches, c'est-à-dire refroidies rapidement, autant que le manque de recherches systématiques permet d'en juger. Moissan a isolé Fe^3C d'un mélange à 3,92 de *C*. Pour les mélanges refroidis lentement, il y a contradiction. Ici, comme nous l'avons vu, la vitesse du refroidissement a une grande influence sur la transformation du graphite en cémentite. Pour obtenir les résultats comparables, il faudrait soumettre à un même traitement les échantillons différemment carburés avant d'y rechercher la cémentite. La contradiction apparente est due à la non-observation de cette précaution. Et Roberts-Austen l'a plutôt aggravée, en croyant trouver que la teneur en cémentite diminue quand la

teneur en carbone augmente, pour les mélanges au-dessus de 2 p. 100 de *C* refroidis lentement (1).

Il s'agit ici de la cémentite libre, non de celle qui est engagée dans la perlite.

Ce résultat surprenant et, à ce que je crois, complètement inexplicable, est uniquement déduit de l'examen micrographique des coupes. Mais plusieurs chercheurs ont reconnu, pendant ces dernières années, combien cette méthode peut être trompeuse (2). Roberts-Austen lui-même remarque que la cémentite, sous de faibles grossissements, se confond facilement avec la ferrite (3).

Ces conclusions ont aussi soulevé les objections de Hadfield (4).

En tout cas, je suis obligé de considérer comme complètement inexacte la manière dont le docteur Stansfield (5), le distingué collaborateur de Roberts-Austen, veut expliquer par la ligne ponctuée *EK* de la figure 1 la marche supposée de la proportion de cémentite en raison inverse de la teneur en carbone. Cette façon de voir soulève toute une série d'objections.

M. Stansfield veut exprimer par les ordonnées verticales, mesurées à partir de *SK*, les proportions de cémentite libre dans les fers de différente carburation. Et il suppose que ces proportions sont aussi représentées par la courbe *SE*. Comment il arrive à une telle conclusion, je ne puis le saisir, puisque les ordonnées verticales sont des températures.

Si on voulait tirer de la figure, avec le secours de la courbe *SE*, la proportion de cémentite, ce ne pourrait être qu'en suivant la direction horizontale. Ainsi, dans un fer à 3 p. 100 de *C*, à 800° (point *n*), le rapport de la cémentite à la martensite serait exprimé par le rapport *nm/no*, en supposant qu'il n'y eût pas de graphite présent. Pour les températures au-dessous de 690°, on calculerait de même le rapport de la cémentite à la perlite.

Il n'y a donc aucune raison pour construire la ligne *EK* dans le domaine au-dessus de 690°, puisqu'elle représenterait l'état des choses à la température ordinaire.

M. Stansfield voudrait encore considérer *EK* comme le prolongement de *SE*, mais, pour que cela fût possible, il faudrait que des cristaux mixtes homogènes

(1) Cinquième Rapport, p. 59.

(2) Heycock et Neville s'expriment très énergiquement à ce sujet dans leurs recherches sur les alliages d'or et d'aluminium. (*Phil. Trans.*, CXCV, 222.) Ils disent : « L'apparence des différents cristaux d'une même substance varie avec leur orientation par rapport à la coupe ; c'est là une cause d'erreur, si on ne s'en rapporte qu'au microscope. Ainsi, l'alliage à 27,2 atomes, en lumière normale, paraît formé de deux constituants au moins, alors qu'il est réellement homogène.

(3) Cinquième Rapport, p. 58.

(4) *Id.*, p. 92.

(5) *Id.*, p. 89.

existassent au-dessus de EK , comme au-dessus de SE . Ce n'est sûrement pas le cas. M. Stansfield paraît avoir perdu de vue que toutes les lignes doivent représenter des limites entre différents systèmes de phases.

De ce point de vue, la ligne KL , qui représenterait une nouvelle séparation de ferrite dans les mélanges à 4,3 de C et au-dessus, n'a pas non plus de signification.

J'ai déjà remarqué combien cette interprétation me paraissait énigmatique. Le domaine de la ferrite libre se trouve, comme nous le verrons, à gauche de la verticale ST . Je considère comme purement impossible qu'on puisse en obtenir la répétition avec plus de 4,3 de C .

En résumé, je n'aperçois dans les recherches existantes aucune preuve contre les hypothèses qui m'ont servi à représenter par la figure 2 les transformations successives des fers riches en carbone pendant et après la solidification. Mais de nouvelles et plus exactes recherches sont nécessaires pour confirmer et, s'il y a lieu, modifier ce schéma. Il faudra surtout s'occuper des retards que les transformations considérées pourraient subir dans certaines circonstances.

On devra aussi tenir compte, plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, de la vitesse avec laquelle sont parcourus les différents intervalles de températures; et la connaissance précise des complexes stables à différentes températures et pour différents teneurs en carbone résultera d'un ensemble de recherches par les méthodes thermique, dilatométrique et analytique; c'est seulement par comparaison avec les autres méthodes que la micrographie pourra donner les renseignements sûrs.

§ 3. — Phénomènes de transformation dans les mélanges solides contenant moins de 2 p. 100 de carbone.

Nous avons admis que tous les mélanges contenant moins de 2 p. 100 de C sont, après leur solidification figurée par la ligne Aa , des cristaux mixtes homogènes. Suivant leur composition, ces mélanges peuvent subir pendant le refroidissement lent une ou plusieurs transformations qui peuvent elles-mêmes être supprimées par un refroidissement rapide à partir de 1000° .

C'est ainsi que le fer carburé peut prendre la trempe (1) et le carbone y garder à la température ordinaire l'état qu'il possédait aux températures élevées; sa distribution homogène dans les cristaux mixtes a été prouvée par les études micrographiques.

Par cela même, le nom de « martensite » appliqué aux cristaux mixtes considérés comme élément de structure est recommandable. Et le professeur Arnold

(1) D'où le nom de carbone de trempe donné au carbone des cristaux mixtes.

n'a pas le droit d'objecter (1) que ce nom ne désigne aucune individualité de composition et de propriétés définies; par cela même qu'il embrasse toute la catégorie des cristaux mixtes homogènes, la teneur en carbone varie depuis zéro p. 100 jusqu'à un maximum dépendant de la température initiale du refroidissement brusque. Quand la teneur en carbone augmente, toutes les propriétés, notamment la dureté, changent naturellement; mais ces changements, justement parce qu'il s'agit de cristaux mixtes, doivent être continus.

De même en minéralogie, on n'hésite pas à donner un nom unique à un élément de roche qui est un mélange isomorphe de deux ou plusieurs composés.

Quant aux changements que peut subir la martensite lentement refroidie, il convient de distinguer suivant que le carbone est compris entre 0 et 0,85 ou entre 0,85 et 2 p. 100.

1. *Cristaux mixtes de 0,85 à 2 p. 100 de carbone.* — On comprendra immédiatement ce qui se passe dans ces cristaux si l'on se reporte aux transformations des alliages contenant plus de 2 p. 100 de C pendant leur refroidissement au-dessous de 1000°. La courbe *ES* indique la température à laquelle commence la formation de la cémentite pour un alliage de concentration déterminée. Ces limites de la formation de la cémentite dans les solutions solides ont encore été fixées par Roberts-Austen d'après les dégagements de chaleur qui les accompagnent. Elles s'abaissent au fur et à mesure que la teneur en carbone descend de 2 p. 100 à 0,85.

La séparation de cémentite se poursuivant, la teneur en carbone des cristaux mixtes restants diminue progressivement jusqu'à 0,85 à 690°, et alors se produit la transformation totale déjà décrite p. 626 des cristaux mixtes en un conglomerat lamellaire de ferrite et de cémentite (perlite).

D'accord avec cette explication, le microscope a prouvé que l'alliage à 0,85 p. 100 de C est uniquement formé de perlite, et que la teneur en cémentite libre croît constamment de 0,85 à 2 p. 100 de C dans les alliages refroidis lentement.

2. *Cristaux mixtes de 0 à 0,85 de carbone.* — Les transformations de ces mélanges sont toutes liées aux transformations du fer lui-même. Quelle que soit la répugnance de beaucoup de métallurgistes, qui font autorité comme praticiens, à admettre la multiplicité des états allotropiques du fer, on ne peut pas changer la nature de ce métal. D'ailleurs, les travaux de ces dernières années ont montré de plus en plus que l'existence de plusieurs états allotropiques solides pour les corps simples ou composés est bien plutôt la règle que l'exception (2).

Seulement l'étude exacte des conditions d'existence de ces états allotropiques

(1) Cinquième rapport, p. 85.

(2) Van Eyk et Cohen, *Zeits. physikal. Ch.*, t. XXX, p. 601 (1899) et XXXIII, p. 37 (1900).

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Novembre 1900.

est beaucoup moins avancée pour les métaux que pour d'autres corps. La recherche détaillée entreprise récemment dans mon laboratoire sur l'allotropie de l'étain pourra peut-être éveiller la conviction que les conditions de transformation de corps non métalliques se reproduisent identiquement dans les métaux. Pour le fer, ces conditions ont été un peu plus difficiles à établir, parce que les températures de transformation sont élevées; mais les recherches d'Osmond et d'autres prouvent suffisamment, pour quiconque est familier avec ces phénomènes, l'existence de trois modifications au moins du fer; et les recherches exactes de Roberts-Austen sur les alliages entre 0 et 0,85 de *C* suffiraient à elles seules à fournir la même preuve, car il est impossible d'en donner autrement une explication rationnelle.

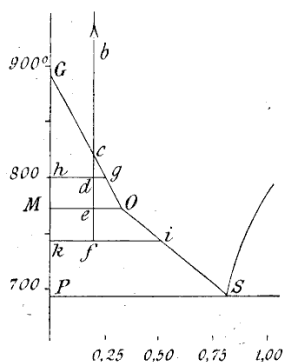


Fig. 3.

Pour la description, je renvoie à la figure 3, qui reproduit à plus grande échelle la partie utile de la figure 2. Appelons fer γ , avec Osmond, l'état du fer depuis sa solidification jusqu'à 890°. A 890°, une transformation en fer β se produit avec un dégagement très net de chaleur. Ce point est souvent appelé *Ar3* (point *G* de la fig. 3).

Comme le fer γ , le fer β est non-magnétique, mais il ne peut tenir en solution que peu ou pas de carbone.

A 770° (point *M*, appelé souvent aussi *Ar2*) le fer β , se transforme de nouveau en fer α magnétique, mais qui ne dissout pas plus le carbone que le fer β .

Roberts-Austen a trouvé des indices d'une troisième transformation au voisinage de 600°, et d'autres peut-être à des températures encore plus basses; mais comme ces apparences ne sont pas sûrement établies, nous ne nous en occuperons pas, et nous admettrons sur la figure 2 les limites de stabilité suivantes :

A à G : fer γ
G à M : fer β
Au-dessous de M : fer α

La transformation en *M* est moins nette et dégage moins de chaleur que la transformation en *G*. Quant aux formes cristallines de ces trois états, je renvoie à une publication récente de M. Osmond (1). Au sujet des changements de volume, on paraît seulement avoir constaté (Osmond et Charpy) que la transformation du fer γ en fer α (par exemple dans les aciers au-dessus de 0,35 de *C*) se produit avec augmentation de volume, comme celle de l'étain au-dessous de

(1) *Annales des Mines*, janvier 1900.

20°. D'où il suit que les températures de transformation sont abaissées par la pression.

a. *Transformation entre 890° et 770°.* — Pour les très faibles teneurs en carbone, la transformation de γ en β subsiste, mais sa température s'abaisse, et pour les différentes teneurs en C , elle est figurée par la ligne GO . Voyons ce que devient un mélange à 0,2 de C quand la température s'abaisse (fig. 2 et 3). Ce mélange serait solidifié vers 1550° (b); les cristaux mixtes de C et de fer γ resteraient non modifiés le long de la verticale bc . En c (825°) survient la transformation du fer γ en fer β . Roberts-Austen admet que le fer β ne dissout presque pas de C . La transformation est donc, à proprement parler, une séparation de fer β pur de la solution solide, phénomène tout à fait comparable à la séparation de la glace d'une solution saline, comme le dit aussi Roberts-Austen.

Cette séparation enrichit en carbone le mélange solide et, par suite, la température de séparation du fer β s'abaisse de plus en plus. La séparation du fer β est donc graduelle dans l'intervalle de température ce . A une température intermédiaire, telle que d , la masse, si l'équilibre est vraiment établi, est composée de fer β et de cristaux mixtes γ de composition g dans le rapport dg/dh . A 770°, les cristaux mixtes qui subsistent encore ont 0,35 de C (point O); la masse est donc formée actuellement de 3/7 de fer β et de 4/7 de cristaux mixtes à 0,35 de C .

Plus la teneur en carbone total s'approche de 0,35, plus étroit est l'intervalle de température pendant lequel se sépare le fer β , plus petite est la proportion de ce dernier.

Si telle est la véritable expression des faits, les courbes de refroidissement doivent nous montrer ce qui suit. Dans le fer pur, la transformation de γ en β se fait tout entière à 890°. Pour la plus petite addition de carbone, cette transformation se répartit sur un domaine qui s'étend jusqu'à 770°; et si la courbe GO est bien une droite, cette répartition est tout à fait régulière, puisque, dans ce cas, une égale quantité de fer β se sépare dans un égal intervalle de températures.

Au lieu d'un arrêt franc dans la marche de la température, on aurait alors un ralentissement assez peu marqué et s'étendant sur un intervalle de températures d'autant plus petit que la teneur en carbone s'approche plus de 0,35 p. 100.

Les quelques courbes publiées par Roberts-Austen ne permettent pas de voir bien sûrement si les choses se passent réellement ainsi. Sa méthode différentielle pour la détermination des températures est beaucoup plus propre à découvrir de faibles dégagements de chaleur spontanés qu'à suivre la marche des dégagements continus. De plus, les transformations dans les solides peuvent subir des retards.

A 770° commence une nouvelle période. D'après ce qui précède, tous les

mélanges contenant de 0 à 0,35 de C seraient à 770° des conglomerats de fer β et de cristaux mixtes γ à 0,35 de C . Si vraiment le fer β ne contient pas de carbone, sa température de transformation ne changera pas : la transformation en fer α restera à 770° pour tous les mélanges et s'étendra à toute la masse du fer β présent. Le dégagement de chaleur sera donc d'autant plus grand que la teneur en carbone sera plus petite et s'annulera à 0,35 p. 100. D'une manière générale, c'est ce que paraît avoir observé Roberts-Austen; il trouve que la transformation se fait à 770° pour tous les mélanges au-dessous de 0,35 p. 100 et en conclut lui-même que le fer β ne contient pratiquement pas de carbone dissous.

b. *Transformation de 770° à 690° .* — La transformation accomplie, tous les alliages de 0 à 0,35 de C seraient à 770° des conglomerats de fer α et de cristaux mixtes γ à 0,35 p. 100 de C . Le refroidissement continuant, les cristaux mixtes continuent à laisser déposer du fer α comme ils laissaient déposer du fer β au-dessus de 770° , et la teneur en C des cristaux mixtes restant continue à augmenter. C'est ce que figure la courbe OS . Ainsi, notre alliage à 0,2 p. 100 de C , vers 740° , se sera transformé en un conglomerat de $3/5$ de fer α et de $2/5$ de cristaux mixtes à 0,50 de C (rapport f_i/f_k). Mais ce ne sont pas seulement les alliages de 0 à 0,35 de C qui se comportent ainsi; la courbe OS donne, d'une manière générale, les limites de température au-dessous desquelles les cristaux d'une composition déterminée laissent déposer du fer α , comme la courbe GO le faisait pour le fer β . Les alliages contenant plus de 0,35 p. 100 de C ne peuvent pas subir la première transformation parce que, la température baissant, ils n'atteignent pas la courbe GO ; mais ils atteignent la courbe OS , et comme cette courbe s'étend de 0,35 à 0,85 p. 100 de C , tous les cristaux mixtes compris dans ces limites de composition laissent déposer du fer α entre 770° et 690° . Ainsi, dans les alliages de 0 à 0,35 p. 100 de C , nous avons successivement séparation progressive de fer β , transformation totale de ce fer β à 770° en fer α , séparation graduelle de fer α des cristaux mixtes qui subsistaient à 770° ; dans les alliages de 0,35 à 0,85 p. 100 de C , nous avons d'abord séparation de fer α à la température marquée par la courbe OS , et cette transformation dure jusqu'à 690° . Les transformations sont donc plus simples dans les alliages de 0,35 à 0,85 p. 100 de C que dans les alliages moins carburés.

Pour interpréter correctement ces phénomènes, il convient de chercher des analogies. Dans l'histoire des solutions solides, il n'y a pas de cas semblable à celui du fer carburé. Même pour les solutions liquides, on ne connaissait guère, jusqu'à ces derniers temps, de cas analogue. Quand nous comparons les alliages fer-carbone aux solutions salines et la séparation du fer β ou α à celle de la glace, il faudrait, pour que l'analogie fût complète, que les solutions salines étendues laissent déposer d'abord de la glace β , puis, à une température plus basse et

pour une plus grande concentration, de la glace α . Mais on ne connaît encore qu'une espèce de cristaux de glace (1).

Cependant, un cas semblable doit se présenter pour tous les corps possédant au-dessous de leur point de fusion au moins un point de transformation, et susceptibles de former avec un deuxième corps une solution qui reste liquide au-dessous du point de transformation.

Tel est le cas du nitrate d'ammonium, qui possède même trois points de transformation au-dessous de son point de fusion, et qui forme avec une proportion d'eau convenable des solutions capables de rester liquides au-dessous même du point de transformation le plus bas. Le nitrate d'ammonium cristallisera donc : à partir d'une solution aqueuse de concentration convenable, suivant une courbe telle que GO , dans le système régulier ; à partir d'une solution plus étendue, dans le système rhomboédrique, suivant une courbe telle que OS , suivie elle-même de deux courbes semblables. Ces courbes ne sont pas autre chose que les courbes de solubilité. Leur existence a déjà été démontrée par Schwarz (2) dans sa recherche sur les températures de transformation. Cependant, Schwarz n'a pas constaté expérimentalement que toutes les solutions entre G et O laissent déposer des cristaux qui montrent une transformation à la même température (horizontale MO). J'ai indiqué récemment qu'il en doit être ainsi (3).

Le premier exemple expérimental qui démontre cette conclusion est celui du système $TiNO^3 + AgNO^3$ (4). Ces deux sels peuvent former ensemble des mélanges liquides assez concentrés pour qu'une partie du mélange reste fluide au-dessous du point de transformation de chacun d'eux. Pour tous les mélanges fondus dont la solidification commence au-dessus du point de transformation d'un des sels, la transformation des cristaux séparés se fait exactement à cette température de transformation.

En tout cas, ces exemples prouvent que les alliages fer-carbone solides se comportent bien comme beaucoup de mélanges liquides.

Encore un mot sur la différence de direction entre les courbes GO et OS . D'après les lois de la thermodynamique, cette différence doit être telle que la montrent les figures 2 et 3. Pour $NH^4NO^3 + H^2O$, comme pour $TiNO^3 + AgNO^3$, le changement de direction est aussi de même sens. Ici, la proportion de carbone en disso-

(1) Tammann a récemment prouvé qu'il peut exister plusieurs espèces de glaces. *Ann. der Physik* (4), t. II, p. 1, 1900.

(2) *Beiträge zur Kenntnis der umkehrbaren Umwandlungen*, p. 15 et 42, Göttingen, 1894. Schwarz n'a pas déterminé la première courbe, correspondant à GO , qui aboutit au point de fusion de NH^4NO^3 , mais bien les suivantes.

(3) *Zeits. physikal. Ch.*, t. XXX, p. 428, 1899 (note).

(4) Van Eyk, *Kon. Akad. v. Wetenschappen*, p. 543, Amsterdam, 1900.

lution solide étant très faible, la preuve peut se faire très simplement, si l'on considère les lignes GO et OS comme les abaissements des points de transformation du fer γ en fer β ou du fer γ en fer α . Les constantes respectives d'abaissement sont :

$$E_1 = \frac{0,02}{q_1} T_1^2 \qquad E_2 = \frac{0,02}{q_2} T_2^2$$

où q_1 et q_2 sont les chaleurs de transformation de $\gamma \rightarrow \beta$ et de $\gamma \rightarrow \alpha$. Pour de très petites teneurs en carbone, ces chaleurs sont peu modifiées, d'où il résulte que $q_2 > q_1$ et $E_2 < E_1$, comme l'indique la figure. La courbe SO prolongée couperait l'axe vers 830° , température de transformation de $\gamma \rightarrow \alpha$ si la transformation de $\gamma \rightarrow \beta$ était supprimée.

La courbe OS va de 770° à 690° . Il suit de là que les alliages de 0 à 0,35 de C devraient laisser déposer du fer α pendant tout cet intervalle de températures, et que les alliages de 0,35 à 0,85 p. 100 de C en feraient autant pendant un intervalle inversement proportionnel à leur teneur en carbone. Les communications et les courbes de Roberts-Austen ne permettent pas de voir dans quelle mesure ces transformations graduelles se traduisent par des dégagements de chaleur graduels.

Au contraire, la transformation de 690° se présente très nette dans tous les alliages. J'ai déjà montré la nature de cette transformation pages 626 et 629. Elle consiste non pas dans un nouveau changement brusque de l'état du fer α , semblable à celui qui se produit au point O par transformation du fer β en fer α , mais dans la destruction des cristaux mixtes restants qui ont atteint à 690° la teneur en C de 0,85 p. 100.

L'intensité de cette transformation est donc maximum pour les mélanges à 0,85 de C qui se transforment complètement en un conglomérat de 87 p. 100 de fer α (ferrite) et de 13 p. 100 Fe^3C (cémentite).

Dans les alliages plus pauvres en carbone, il y a du fer α isolé au-dessus de 690° , de sorte que, dans ces alliages, la transformation ne porte que sur une partie de la masse. Elle diminue avec la teneur en carbone et, avec elle, le dégagement de chaleur correspondant (1). Cependant, on peut encore l'observer, d'après Roberts-Austen, pour 0,07 de C (l. c., p. 90); l'horizontale SP s'étend donc jusqu'à l'axe (2), bien que le fer α lui-même n'ait aucune transformation à 690° .

Le point S , suivant Le Chatelier et Roberts-Austen, est comparable au point eutectique que présentent beaucoup de mélanges liquides et spécialement au point cryohydratique d'une solution de sel.

(1) C'est juste le contraire de ce qui se passe à 770° .

(2) Stead a encore trouvé sous le microscope des cristaux de cémentite dans du fer à 0,05 de C : Cinquième Rapport, p. 34.

Comme la solution cryohydratique se solidifie complètement à la température minimum en un mélange intime de glace et de sel, ici aussi l'eutectique de la solution solide se transforme en un conglomerat intime de ferrite et de cémentite dont les couches alternantes ne peuvent être résolues que sous les plus forts grossissements et auquel on a donné le nom de perlite en raison de son apparence nacré. L'acier eutectique est le plus homogène de tous les aciers. De même que, au-dessus de 0,85 de C , la perlite est mélangée de cémentite libre, les basses teneurs amènent toujours un excès de ferrite. C'est ce que les images photographiques montrent aussi très nettement.

Mais il ne faut jamais perdre de vue que la perlite n'est pas une phase simple, comme on l'a souvent pensé en lui donnant la formule $Fe^{24}C$. Elle est composée des deux phases qui l'accompagnent dans les aciers plus ou moins carburés. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que, dans certaines circonstances, de la cémentite se présente en cristaux distincts à côté de la ferrite : c'est ce qu'a constaté M. Stead, surtout après un refroidissement très lent, dans les aciers contenant moins de 0,4 de C p. 100 (1). Les rares cristaux de cémentite ont ainsi une bonne occasion de se rassembler.

On explique de même pourquoi, dans les grosses pièces d'acier contenant moins de 0,9 p. 100 de C , la surface est plus riche en ferrite que l'intérieur (2), celui-ci s'est refroidi plus lentement : la perlite et éventuellement la cémentite s'y sont concentrées.

Ces petites différences de structure peuvent avoir une influence capitale sur les propriétés mécaniques ; du point de vue de la doctrine des phases, tous les alliages entre 0 et 2 p. 100 de C , refroidis lentement et amenés ainsi à leur état stable, sont des conglomerats de ferrite et de cémentite.

3. *Phases stables et métastables dans les alliages au-dessous de 2 p. 100 de carbone.* — Nous arrivons donc à ce résultat que, au-dessous de l'horizontale PSK , s'étend le domaine du système ferrite + cémentite. Comme, dans mon opinion, ce complexe de phases s'étend jusqu'à 6,6 de C , ses limites sont données par $NPSKL$. Si l'on tient compte de la structure, on peut diviser ce domaine en deux subdivisions : $NPST$ (ferrite + perlite) et $TSKL$ (perlite + cémentite).

* Nous pouvons aussi fixer maintenant les limites des autres complexes de phases dont nous nous sommes occupés.

Ainsi GMO est le domaine de fer β + cristaux mixtes γ ; $MOSP$ celui de fer α + cristaux mixtes γ . Enfin les courbes Aa , aE , ES , SO , OG et l'axe délimitent le domaine des cristaux mixtes γ . Cela nous permet de voir dans quelles limites peut exister une solution solide de teneur en carbone indiquée : il suf-

(1) Cinquième Rapport, p. 74.

(2) Cinquième Rapport, p. 95.

fit de tirer une verticale pour cette teneur et de lire les températures des points où elle coupe les bords du domaine décrit.

On peut également lire la teneur maximum des cristaux mixtes possibles à une température déterminée : on n'a qu'à prendre la longueur d'une horizontale menée par cette température jusqu'à la limite du domaine.

Tout ce qui précède suppose que les différentes transformations ne subissent aucun retard au moment où la température passe sur une ligne limite.

Mais l'expérience nous apprend que de tels retards se produisent très facilement, et que les transformations sur les lignes *GO*, *MO*, *OS*, *PS*, *ES*, *SK* sont sujettes à se laisser supprimer ; les cristaux mixtes de 0 à 2 p. 100 de *C* peuvent donc être conservés à la température ordinaire.

A ce fait sont liés les phénomènes, importants pour la pratique, de la trempe et du recuit de l'acier, phénomènes que Le Chatelier a si clairement expliqués dans l'article déjà cité. Les expériences ultérieures de Roberts-Austen ont encore fortifié cette conception.

D'après elle, le carbone dans l'acier trempé est complètement au même état que dans les cristaux mixtes dont il étend le domaine jusqu'à la température ordinaire, quand on saute à la faveur du refroidissement rapide par-dessus les différents domaines de transformation. Il est maintenant facile de voir sur la figure que le point de départ de la trempe pour les fers carburés chauffés doit être au-dessus des lignes *GOS* et *SE* ; il est donc minimum pour 0,85 p. 100 de *C* (690°) et s'élève de part et d'autre.

Les recherches (notamment celles d'Osmond) ont encore appris qu'il n'est pas nécessaire que la trempe soit faite sur le métal fraîchement solidifié ; les alliages refroidis lentement reprennent complètement l'état de cristaux mixtes γ quand on les réchauffe jusqu'aux points de ces lignes *GOS* et *SE* correspondant à leur teneur en carbone et qu'on les refroidit ensuite rapidement (1).

C'est la ligne *PSK* qui paraît la plus difficile à supprimer par refroidissement brusque ; si, en effet, le refroidissement n'est pas assez rapide, la transformation des cristaux mixtes γ en fer α + cémentite peut se produire si brutalement à des températures plus ou moins inférieures à 690° que la chaleur dégagée fait remonter très visiblement la température (recalescence découverte par Barrett en 1873).

L'élévation de température prouve naturellement que la ligne *PSK* était déjà dépassée ; autrement, on aurait observé un arrêt pendant la transformation. Cette élévation de température est tout à fait comparable à celle qui accompagne la solidification de nombreux métaux, notamment celle des métaux nobles, et

(1) Naturellement, l'intérieur des grosses pièces d'acier se refroidit toujours plus lentement que la surface, de sorte que la transformation s'y effectue toujours en partie et que le cœur est plus doux que la peau. (Roberts-Austen, 5^e Rapport, p. 66.)

qui a été attribuée à la surfusion pour la première fois par Van Riemsdyk, interprétation récemment confirmée par Roberts-Austen (1).

Le Chatelier s'appuie sur cette circonstance que la vitesse de transformation au-dessous de *PSK* augmente d'abord quand la température s'abaisse, passe par un maximum vers 600° et décroît rapidement au-dessous de 200°. Telle est, en effet, la marche ordinaire de toutes les transformations, aussi bien entre phases fluides et solides qu'entre deux phases solides. Quand on a sauté à température descendante une ligne limite, on trouve toujours au-dessous d'elle une température où la vitesse de transformation atteint un maximum. Le premier exemple dans le cas des métaux a été récemment trouvé dans mon laboratoire par MM. Cohen et van Eyk (2) pour la transformation de l'étain.

A ce maximum, pour les alliages fer-carbone, est liée la possibilité du revenu de l'acier trempé. Si on réchauffe, pendant un temps suffisant, l'acier trempé à des températures comprises entre 200° et 600°, la transformation des cristaux durs en un conglomérat de ferrite α + cémentite recommencera dans ce domaine. Plus longue est la durée du chauffage et plus on s'approche de 600°, plus la transformation est complète. Le refroidissement subséquent pourra également fixer le nouvel état de transformation incomplète, quoiqu'il soit partiellement métastable.

§ 4. — Autres vues et autres phases.

Dans ce qui précède, je me suis borné autant que possible aux interprétations les plus consistantes, et j'ai essayé d'en faire un tout. Mais quelques-unes des transformations comportent d'autres explications et, en dehors des éléments de structure considérés, il en est d'autres sur lesquels je désirerais donner mon avis.

I. Autre interprétation des transformations dans les alliages de 0 à 0,85 p. 100 de carbone. — Jusqu'à présent, j'ai admis avec Roberts-Austen et d'autres autorités que la solubilité du carbone dans le fer β et le fer α était pratiquement nulle : dans ces conditions, les cristaux mixtes γ laisseraient déposer du fer β pur et, pour des solutions plus concentrées, du fer α pur.

Mais on peut supposer que le fer β et le fer α sont aussi capables de tenir du carbone en solution solide et je vais traiter rapidement la question en me plaçant dans cette hypothèse qui ne me paraît pas définitivement interdite par les faits observés. Cette seconde interprétation est représentée par la figure 4, construite comme le développement logique de ma note sur les points de

(1) *Proc. Roy. Soc.*, t. LXIII, p. 447 (1898).

(2) *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXX, p. 617 (1899) et t. XXXIII, p. 57 (1900).

transformation dans les cristaux mixtes (1), bien que je n'aie examiné dans cette note que le cas d'une seule transformation pour chaque composant à l'état solide.

A la courbe GO se rattache maintenant une seconde courbe GO' ; les points de ces deux courbes placés sur une horizontale donnent les teneurs respectives en carbone des cristaux mixtes γ et β qui peuvent coexister à la température considérée. MO' et MM' ont la même signification par rapport aux cristaux mixtes β et α , OS et $M'P'$ par rapport aux cristaux mixtes γ et α .

Je vais montrer maintenant comment, pendant le refroidissement de cristaux mixtes γ de différentes concentrations, les phénomènes s'écartent de ceux que représente le diagramme de Roberts-Austen. Pour cela, le mieux est de suivre sur la figure 4 les verticales supposées tracées pour différentes concentrations.

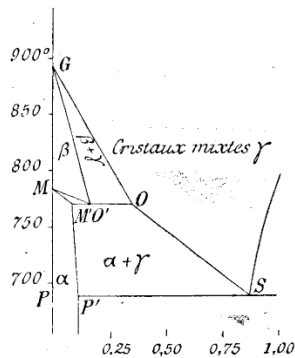


Fig. 4.

J'ai placé arbitrairement le point O' à 0,15 p. 100 de C et le point M' à 0,05 p. 100 de C . Pour tous les alliages contenant moins de 0,15 p. 100 de C , la transformation $\gamma \rightarrow \beta$ s'accomplit totalement dans l'intervalle de températures compris entre les courbes GO et GO' . Cet intervalle est donc d'autant plus petit et la transformation d'autant plus resserrée que la teneur en carbone est plus faible; au contraire, dans l'hypothèse de la figure 3 (p. 630), la transformation était uniforme pour toutes les concentrations.

Pour les alliages de 0,15 à 0,35 de C , la transformation est partielle, puisqu'on a finalement un conglomérat de cristaux mixtes β à 0,15 p. 100 (O') et de cristaux mixtes γ à 0,35 p. 100 (O).

La transformation du fer β en fer α ne se produit plus à une température fixe, comme sur la figure 2, mais le long des courbes $M'O'$ et MM' à des températures qui, sur la figure 4, vont de 780° (fer β pur) à 770° pour les cristaux mixtes à 0,05 p. 100 de C . De 0,05 à 0,35 p. 100, la transformation $\beta \rightarrow \alpha$ se fait, comme antérieurement, à 770°. Mais la nature de cette transformation est modifiée. A 770°, nous pouvons avoir des conglomérats de cristaux mixtes α à 0,05 p. 100 (M') et β à 0,2 p. 100 (O'), ou bien des conglomérats de cristaux mixtes β à 0,2 p. 100 et γ à 0,35 p. 100 (O). Après la transformation, il ne reste plus que des conglomérats de cristaux mixtes α à 0,05 p. 100 et γ à 0,35 p. 100. La transformation s'exprime donc comme suit :

Cristaux β à 0,2 p. 100 $\rightleftharpoons$ cristaux α à 0,05 + cristaux γ à 0,35 p. 100.

L'intensité de la transformation est donc maximum pour 0,2 p. 100 de C et

(1) *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXX, p. 413 (1899).

décroît pour les teneurs inférieures et supérieures, tandis que pour la figure 2, le dégagement de chaleur à 770° devait décroître de 0 à 0,35 p. 100.

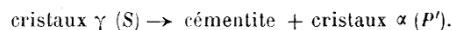
Les résultats de Roberts-Austen, pour les aciers de 0 à 0,35 p. 100, ne sont pas assez détaillés pour qu'il soit possible de voir s'ils concordent mieux avec la figure 3 ou avec la figure 4. On peut remarquer que la transformation $\gamma \rightarrow \beta$ est très marquée pour les petites teneurs en carbone et que celle de 770° croît d'abord à partir des petites teneurs. Ces faits seraient à l'appui de la figure 4; mais, je le répète, les courbes de refroidissement connues ne me paraissent pas assez exactes pour fixer ma décision, et je crains même qu'elles ne soient pas susceptibles d'une plus grande exactitude. Jusqu'à présent, on n'a jamais pu fixer les limites des transformations dans les phases solides, lorsque ces transformations s'étendaient sur un certain intervalle de températures.

Je n'ai traité la question que pour appeler l'attention des chercheurs sur la complication de ses détails.

La figure 4 nous a montré trois nouveaux domaines : GMO' pour les cristaux mixtes β , $PMM'P'$ pour les cristaux mixtes α , $MM'O'$ pour les cristaux $\beta + \alpha$.

Dans le domaine $P'M'OS$, on a des cristaux mixtes α au lieu de fer α pur en présence de cristaux γ ; mais comme leur teneur est très faible, la transformation qui survient quand on abaisse la température n'est presque pas changée.

La transformation de 690° ne s'étend plus maintenant que jusqu'à P' au lieu d'atteindre P et s'écrit conformément au schéma :



Cela ne change pas grand'chose à la figure 2.

2. *Autres constituants structuraux.* — Jusqu'à présent, nous avons cherché dans les alliages refroidis la place des quatre constituants suivants : ferrite, martensite, cémentite et graphite. On a aussi décrit la sorbite, la troostite et l'austenite.

Sur la sorbite et la troostite, les opinions des autorités sont si peu concordantes et si vagues qu'il ne m'a pas été possible de leur assigner dans le système une place plausible.

La sorbite est quelquefois assimilée à la perlite, et ailleurs on l'appelle de la cémentite modifiée. La troostite paraît ne se former que dans les aciers assez doux par un refroidissement très rapide. Roberts-Austen l'appelle aussi de la cémentite modifiée (5° Rapport, p. 56). S'agit-il de deux phases réellement nouvelles, ou de formes cristallines particulières de constituants connus ou encore du résultat des transformations au-dessous de 600° que Roberts-Austen croit possibles? je laisserai ces questions de côté, me reposant sur l'avenir du soin de les écarter ou de les éclaircir.

Dans ces derniers temps cependant, l'austenite a souvent été décrite comme

fréquemment associée à la martensite dans les aciers à 1,5 de *C* environ très énergiquement refroidis.

Il ne serait pas impossible de faire une place à ce constituant. Comme on ne peut l'obtenir autrement que par un refroidissement très énergique, il paraît, ainsi que la martensite, être métastable à la température ordinaire. Sa présence à côté de la martensite rend vraisemblable que c'est une espèce particulière de cristaux mixtes, spéciale aux fortes teneurs en carbone. Deux hypothèses sont possibles.

Ou bien l'état particulier du fer qui se présente dans ces cristaux mixtes est stable dans un certain intervalle de températures, ou bien il n'est pas stable à l'état libre.

Dans le premier cas, nous sommes conduits à chercher une relation entre

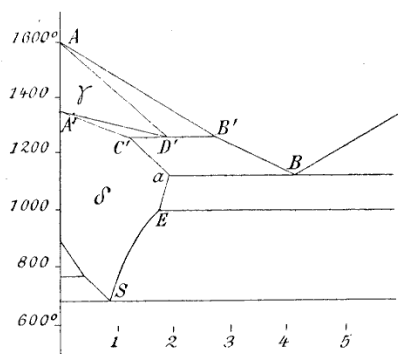


Fig. 5.

l'austenite et une transformation du fer qui pourrait encore se placer entre 1300° et 1400° et dont se sont occupés Osmond et Wrightson (Roberts-Austen, 5^e rapport, p. 87-88). Si nous appelons δ ce nouvel état du fer et que nous plaçons en *A'* à 1350° la transformation $\gamma \rightarrow \delta$, l'ensemble des phénomènes pourrait être représenté par la figure 5. Pour construire cette figure, on admet que des alliages fondus peu carburés se séparent d'abord des cristaux mixtes γ (courbes *AB'* et *AD'*); ces cristaux mixtes se transformeraient en-

suite en cristaux mixtes δ (courbes *A'D'* et *A'C'*) à des températures comprises entre 1350° et 1250°, et à 1250° (ligne *C'D'B'*) tous les cristaux γ se transformeraient en cristaux δ + solution.

Pour expliquer la non-existence de l'austenite (δ) dans les aciers peu carburés, il faudrait admettre que la transformation suivant *A'D'* et *A'C'* est toujours supprimée. Pour rendre compte de la coexistence de l'austenite et de la martensite vers 1,5 p. 100 de *C*, il serait au contraire nécessaire que la transformation suivant *C'D'B'* se produisît constamment, et toutefois partiellement, pour laisser subsister la forme γ à la température ordinaire.

On pourrait aussi bien intervertir en plaçant δ au-dessus de *A'* et γ au-dessous. Il faudrait alors faire d'autres hypothèses qui paraissent également arbitraires. On n'a jamais observé traces de la ligne *C'D'B'*; il pourrait bien y avoir sur la courbe *AB* un petit changement de direction en *B'*. Mais le nombre et l'exactitude des essais ne sont pas suffisants pour justifier une conclusion ferme. Des essais thermiques ou dilatométriques seraient utiles pour établir l'exis-

tence des courbes $A'D'$ et $A'C'$. Cependant, d'après les résultats de Wrightson, il se pourrait que la transformation en A' ne fût pas tranchée, mais progressive et répartie sur un grand intervalle de températures.

Une seconde explication me paraît plus vraisemblable : les cristaux mixtes d'austenite se sépareraient de solutions riches en carbone dans lesquelles le fer aurait une forme particulière, non stable dans le métal pur. J'ai déjà montré la possibilité de pareils types de solidification chez certaines combinaisons salines (1). Les choses se passeraient alors à peu près comme le montre la figure 6.

La solidification donnerait des cristaux mixtes de martensite suivant la courbe AB' et d'austenite suivant la courbe $B'B$.

La série cristaux mixtes serait alors interrompue; vers 1250° , on passerait de la martensite D' à l'austenite C' . D'après les recherches d'Osmond, ces points se placeraient vers 1,3 et 1,8 de C (2). Dans ces conditions, les mélanges fondus de 0 à 2,8 p. 100 de C donneraient de la martensite contenant de 0 à 1,3 p. 100 de C ($A D'$) et les mélanges fondus de 2,8 à 4,3 p. 100 de C de l'austenite contenant de 1,8 à, peut-être, 2,3 p. 100 ($C'a$). De là résulteraient un arrêt pendant le refroidissement pour les alliages de 1,3 à 2,8 p. 100. de C et une solidification complète à 1250° pour les alliages de 1,3 à 1,8 p. 100 de C .

Les recherches antérieures n'ont pas encore montré de point d'arrêt sur la ligne $D'C'B'$, mais peut-être sont-elle incomplètes.

Les points D' et C' doivent donner les cristaux mixtes de martensite et d'austenite qui peuvent se juxtaposer. Tous les mélanges intermédiaires seraient donc formés d'un conglomerat de ces deux constituants, comme Osmond pense l'avoir trouvé. A partir de D' et C' , j'ai mené deux verticales $D'E$ et $C'E'$ vers le bas : j'admets ainsi que la concentration des deux espèces de

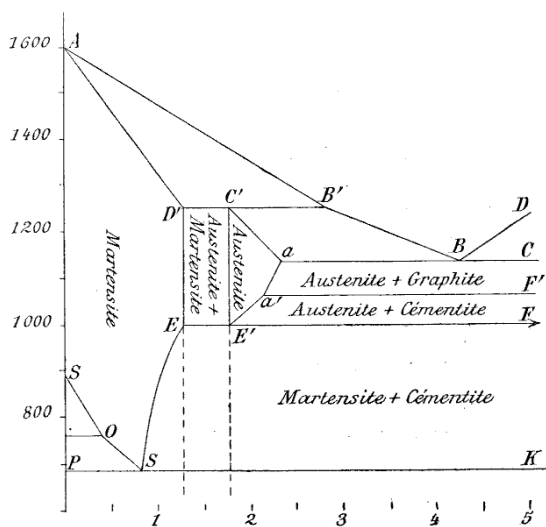


Fig. 6.

(1) *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXX, p. 406 (1899).

(2) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 684, et t. CXXVIII, p. 1396.

cristaux mixtes ne varie pas pendant le refroidissement, parce qu'on ne sait rien là-dessus.

Si maintenant on refroidit rapidement un alliage contenant plus de 1,3 p. 100 de *C*, le complexe martensite *D'* et austenite *C'* est conservé jusqu'à la température ordinaire et peut, pour une teneur de 1,57 p. 100, être formé, comme l'a trouvé Osmond, de parties égales des deux constituants.

Mais si le refroidissement est lent, on peut s'attendre à trouver une transformation vers 1000°, parce que la ligne *D'E* coupe à cette température la courbe *SE* de martensite + cémentite. Les cristaux d'austenite *E'* (1,8 p. 100) se décomposent alors en cristaux de martensite *E* (environ 1,3 p. 100) et en cémentite (*F*). Et le domaine des conglomerats de martensite et austenite pendant le refroidissement lent ne s'étendrait pas au-dessous de *E'E*. Plus bas, on tombe dans le domaine martensite + cémentite, et à 690°, dans le domaine perlite + cémentite (1).

Si notre hypothèse est valable, elle doit intervenir aussi dans l'explication des phénomènes pour les alliages au-dessus de 2 p. 100 de *C*. La solidification en *B* se ferait alors, non pas en martensite + graphite, mais en austenite + graphite : domaine *Baa'F'*. Sur la ligne *a'F'* se produirait une formation de cémentite à partir du complexe austenite + graphite, et sur la ligne *EF*, une décomposition de l'austenite en cémentite + martensite. Comme l'état de tous ces alliages aux températures élevées (voir § 2) n'est pas encore solidement établi, nos hypothèses restent provisoirement admissibles, et pour les alliages refroidis lentement, tout se passe comme si l'austenite n'existait pas.

Aux domaines décrits, il faudrait enfin ajouter le domaine *C'aa'E'* des cristaux homogènes d'austenite. Mais Osmond a remarqué que pour les teneurs en carbone supérieures à 1,6, l'austenite laisse très facilement déposer de la cémentite et que, par suite, sa proportion tend à diminuer; il serait donc impossible d'obtenir les cristaux d'austenite purs à la température ordinaire, comme on le fait si aisément pour la martensite.

Le domaine *C'aa'E'* ne pourrait donc être constaté que par la détermination des courbes limites pendant le refroidissement lent.

(1) Le diagramme 6 explique bien pourquoi l'on doit tremper au-dessus de 1000° quand on veut conserver l'austenite.

Il est remarquable que les transformations supprimées par la trempe se produisent de nouveau quand on refroidit l'alliage dans l'air liquide (Osmond). La présence de l'austenite a donc fortement abaissé la température de la vitesse maximum de transformation qui, dans l'alliage à 1 p. 100 de *C* environ, est voisine de 600°. Voir, à propos de changements semblables dans la transformation de l'étain : Cohen, *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXXIII, p. 57 (1900).

§ 5. — Coup d'œil d'ensemble sur les phases et leurs complexes.

Comme conclusion, il reste à donner un court résumé des limites d'existence des phases et des complexes de phases considérés à leur état stable.

Je rappelle que nous avons ici affaire à des systèmes de deux composants, toujours à la pression atmosphérique, donc $p = \text{constante}$. D'où il résulte que nos systèmes seront invariants quand trois phases coexistent, monovariants dans le cas de deux phases et divariants dans le cas d'une seule phase.

Systèmes divariants :

Dans la figure 2, nous en avons deux exemples. 1° Les alliages fondus, pour lesquels la concentration et la température sont variables. Domaine : l'espace au-dessus de AB et BD .

2° Les solutions solides : martensite. Domaine : l'espace délimité par l'axe vertical et par les courbes Aa , aE , ES , SO et OG .

Dans la figure 6, les limites de ce dernier sont : AD' , $D'E$, etc. ; il faut ajouter un troisième système divariant : l'austénite, domaine ; $C'aa'E'$.

Systèmes monovariants :

Dans tous les systèmes suivants de deux phases, les deux phases ne peuvent avoir pour chaque température qu'une composition déterminée. Pour la cémentite Fe^3C , cette composition est constante ; elle varie pour toutes les autres. Les phases coexistantes sont, pour chaque température, placées sur une horizontale. Dans la figure 2, nous avons :

- | | |
|---|--|
| 1. Mélange fondu + martensite : ABa . | 5. Martensite + cémentite : $EFSK$. |
| 2. Mélange fondu + graphite : DBC . | 6. Fer β + martensite : GOM . |
| 3. Martensite + graphite : $CbaEFH$. | 7. Fer α + martensite : $MOSP$. |
| 4. Cémentite + graphite : $HFLR$. | 8. Fer α (ferrite) + cémentite : $PSKLTN$. |

Ce dernier domaine peut être divisé en deux autres, si l'on donne au mélange eutectique à 0,85 de C le nom particulier de perlite. Ce constituant microscopique est donc le seul qui ne soit pas à une seule phase.

Pour la figure 6, les systèmes suivants sont modifiés :

1. Mélange fondu + martensite : $AB'C'D$.
3. Austénite + graphite : $Cbaa'F'$.
5. Martensite + cémentite : $FE'ESK$.

et les nouveaux systèmes suivants s'ajoutent aux précédents :

9. Austénite + cémentite : $F'a'E'F$.
10. Austénite + martensite : $C'D'EE'$.

Systèmes invariants :

La fig. 2 en compte quatre. La température unique où les trois phases peuvent

coexister présente, dans deux cas, les caractères d'une température eutectique et, dans les deux autres cas, les caractères d'une température de transformation. Les équations expriment les transformations dans le sens où elles sont accompagnées d'un dégagement de chaleur :

A. Températures eutectiques :

1130° : mélange fondu à 4,3 p. 100 $\rightarrow$ martensite à 2 p. 100 + graphite.
690° : martensite à 0,85 p. 100 $\rightarrow$ ferrite + cémentite.

B. Températures de transformation :

1000° : martensite à 1,8 p. 100 + graphite $\rightarrow$ cémentite.
770° : fer $\beta \rightarrow$ fer α (en présence de martensite à 0,35 p. 100).

Dans la fig. 6, nous avons :

A. Températures eutectiques :

1130° : mélange fondu à 4,3 p. 100 $\rightarrow$ austénite à 2,3 p. 100 + graphite.
1000° : austénite à 1,8 p. 100 $\rightarrow$ martensite à 1,3 p. 100 + cémentite.
690° : comme ci-dessus.

B. Températures de transformation :

1250° : martensite à 1,3 p. 100 + mélange fondu à 2,8 p. 100 $\rightarrow$ austénite à 1,8 p. 100.
1060° : austénite à 2,3 p. 100 + graphite $\rightarrow$ cémentite.
770° : comme ci-dessus.

Quand donc trois phases telles que graphite, ferrite et cémentite sont juxtaposées à la température ordinaire, l'une d'elles doit être métastable ; ce serait ici le graphite.

Au contraire, la perlite peut se trouver en présence de la ferrite et de la cémentite, parce qu'elle est un conglomérat des deux.

§ 6. — État du carbone dans les cristaux mixtes et influence de cet état sur la diffusion.

1. *Application des lois des solutions étendues.* — Le baron Jüptner (1), Roberts-Austen et Stansfield (2) ont cherché à appliquer les lois des solutions étendues à la détermination de la grandeur moléculaire du carbone dans ses solutions liquide ou solide.

Le premier arrive à ce résultat que, dans l'acier liquide, les molécules de carbone dissous doivent, selon la température et la concentration, être formées

(1) *Loc. cit.*, p. 2, et *Journ. Iron and Steel Inst.*, 1899, part. I.

(2) *Journ. Iron and Steel Inst.*, 1899, part. I.

de 2 à 2,5 atomes. Mais, comme le remarque très justement Stansfield, cette façon de calculer ne serait valable que si le fer se séparait pur de carbone, et le chiffre trouvé doit être abaissé si la solidification donne une solution solide. Stansfield pense même que le carbone pourrait être monoatomique si les cristaux solides contenaient moitié autant de carbone que le liquide qui les a laissés déposer. Le calcul exact, en pareil cas, n'est devenu possible que par la formule de Rothmund (1) qui a été appliquée pour la première fois par Reinders (2) au système $HgBr^2 + HgI^2$ et s'est trouvée confirmée :

$$t_0 - t_1 = E \frac{c_1 - c_2}{m}$$

t_0 est le point de fusion du fer, t_1 la température à laquelle un mélange fondu à c_1 p. 100 de carbone laisse déposer des cristaux solides à c_2 p. 100 de carbone. Il s'agit des premiers cristaux qui s'isolent ou, plus exactement, de ceux qui pourraient être en équilibre à t_1 avec le liquide c_1 .

E est la constante d'abaissement qui est égale à $\frac{0,02T^2}{W}$, où $T = 273 + t_0$ et W la chaleur de fusion en calories par unité de poids. E est l'abaissement déterminé par une molécule de carbone dissoute dans 100 grammes de fer, en admettant que le fer déposé soit pur.

Tous les calculs suivants sont incertains parce que W n'est pas exactement connu. Supposons, avec d'autres chercheurs, qu'il soit égal à 20 calories : on aura $E = 3\,723$.

Maintenant, la courbe AB paraît droite de 1600° à 1250° . Si la courbe supposée Aa est également une droite, la grandeur moléculaire du carbone est la même dans la solution solide que dans la solution liquide et cette dernière peut être calculée comme suit :

$$m = E \frac{c_1 - c_2}{t_0 - t_1}$$

Pour $t_1 = 1250^\circ$, $c_1 = 2,85$ p. 100 (point s) et, si la position de Aa sur la figure 2 est correcte, $c_2 = 1,50$ p. 100 (point r).

D'où $m = 3\,723 \times \frac{2,85 - 1,50}{1600 - 1250} = 12,62$. Le carbone serait donc monoatomique dans la solution liquide, si les lignes As et Ar sont droites de 1600 à 1250° . J'arrive ainsi au même résultat que Stansfield.

Si les hypothèses faites à l'origine des calculs sont justes, le carbone serait

(1) *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXIV, p. 705 (1897).

(2) *Zeits. physikal. Chem.*, t. XXXII, p. 534 (1899).

également monoatomique dans les cristaux mixtes qui se séparent entre 1600° et 1250°.

Ce résultat peut être modifié par les recherches ultérieures sur la chaleur de fusion et sur la position de la ligne *Ar*. Il faut ajouter que, pour les solutions très étendues, le carbone pourrait aussi bien être dissous à l'état de Fe^3C qu'à l'état libre. Tant que la teneur en carbone reste inférieure à environ 0,5 p. 100 par exemple, le nombre de molécules dissoutes dans 100 grammes de fer est très peu différent de celui auquel conduirait l'hypothèse de la dissolution à l'état de Fe^3C . Mais comme Fe^3C est quinze fois plus lourd que *C*, la concentration moléculaire, pour les solutions plus concentrées, croît beaucoup plus vite que la concentration calculée dans l'hypothèse du carbone libre dissous et sort beaucoup plus tôt du domaine des solutions étendues. La direction rectiligne de *As* jusqu'à 2,85 p. 100 de *C* tendrait donc à prouver que le carbone est dissous en nature et monoatomique, et non à l'état de Fe^3C .

Le changement de direction de la courbe de fusibilité de 1250° à 1130° peut signifier que les lois de la dissolution cessent d'être applicables (on a déjà au point *B* 1 atome de *C* pour 4,8 de fer). Mais on peut aussi bien l'interpréter dans le sens de la figure 6, en admettant qu'il correspond à la séparation d'autres cristaux mixtes (austenite) dans lesquels le fer possède un autre état, avec un autre point de fusion, une autre chaleur de fusion et une autre valeur de *E*. Comme on ne sait là-dessus rien de certain, non plus que sur la position exacte des courbes *ra* (fig. 2) ou *C'a* (fig. 6), tous les calculs sont prématurés.

En second lieu, on a cherché à se faire une idée de l'état du carbone dans les cristaux mixtes γ au moyen d'un calcul fondé sur l'abaissement du point de transformation du fer γ en fer β . Le baron Jüptner a fait usage de la formule de la constante d'abaissement :

$$E = \frac{0,02 T^2}{W}$$

en supposant que *T* et *W* représentent maintenant la température de transformation du fer pur (890° + 273°) et la chaleur de transformation $\gamma \rightarrow \beta$. Cette dernière a été évaluée provisoirement, sans grande précision, par Roberts-Austen et Stansfield, à 2,86 cal. Si on calcule *E* en partant de cette valeur, on arrive à 9 460. C'est la quantité dont serait abaissé le point de transformation par la présence d'une molécule dissoute dans 100 grammes de fer γ .

La formule $t_0 - t_1 = E \frac{c}{m}$ serait applicable si le fer β séparé était vraiment pur de carbone. Supposons d'abord que, entre 890° et 770° (*GO*), le carbone soit encore dissous en nature dans les cristaux mixtes. Comme *GO* est assez exactement une ligne droite, la valeur de *m* est constante. Pour $t_1 = 770^\circ$,

$c = 0,35$, et en substituant les deux valeurs, nous trouvons $m = 27,6$. Le carbone des cristaux mixtes aurait donc la condensation moléculaire C^2 aux températures considérées.

Au lieu de cela, Roberts-Austen a supposé le carbone dissous à l'état de Fe^3C et trouvé par le calcul la condensation 2 (Fe^3C). Comme la courbe GO ne s'étend que sur des concentrations très faibles, le calcul est aussi bon pour 2 (Fe^3C) que pour $2C$, et on n'a pas de raison pour faire un choix.

Dans tous les cas, il y a apparence que les molécules de carbone sont plus compliquées dans les cristaux mixtes à une température inférieure qu'au voisinage de la fusion.

Un tel changement n'a évidemment rien d'impossible dans des cristaux mixtes solides, bien qu'il y soit moins vraisemblable que dans les solutions liquides.

Mais si les faits sont conformes à la figure 4 et non à la figure 2, si, en d'autres termes, le fer β contient du carbone dissous, il nous faut revenir à l'usage de la formule

$$t_0 - t_1 = E \frac{c_1 - c_2}{m}$$

En prenant pour le point O' , à 770° , la valeur 0,20 de C p. 100, nous aurions :

$$890 - 770 = 9460 \times \frac{0,35 - 0,20}{m}$$

d'où

$$m = 11,8.$$

Si donc la figure 4 était l'expression de la vérité et si O' coïncidait bien avec la valeur 0,20, les courbes GO et GO' conduiraient encore à la conclusion que le carbone dissous reste toujours monoatomique, aussi bien dans le fer γ que dans le fer β .

Il resterait encore la courbe OS à utiliser. Elle représente la transformation du fer γ en fer α . On devrait donc substituer à T , dans la formule qui donne E , la température de transformation du fer γ pur en fer α . Cette température n'est pas connue, mais on peut l'évaluer avec une précision suffisante à 830° en prolongeant OS jusqu'à l'axe des ordonnées. Quant à la chaleur de transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, elle est la somme des chaleurs de transformation $\gamma \rightarrow \beta = 2,86$ cal. et $\beta \rightarrow \alpha$; mais cette dernière est inconnue.

On voit combien incertaines sont toutes nos conclusions sur la grandeur moléculaire du carbone dans ses solutions liquides ou solides.

2. *Diffusion du carbone dans le fer.* — A propos du cinquième Rapport de Roberts-Austen, une discussion s'est élevée entre l'auteur et Stansfield d'une part et le professeur Arnold d'autre part. D'après ce dernier, il résulterait des courbes de la figure 1 qu'il n'y aurait aucune diffusion du carbone dans le fer

au-dessous du point *G*, parce que le carbone serait pratiquement insoluble dans les fers β et α .

Lui-même trouve, au contraire, que la diffusion commence vers 750° et atteint une concentration de 0,90 p. 100 qui reste pratiquement constante jusqu'à 900° et 950° pour atteindre alors 2 p. 100.

Roberts-Austen et Stansfield répondent que la diffusion commence immédiatement au-dessus de *P*, c'est-à-dire vers 700° , parce que le carbone détermine dès ce moment la transformation du fer α ou β en γ . Ils ajoutent que les limites obtenues par Arnold coïncident passablement avec leur propre courbe *SE*, qui peut être considérée comme la courbe de solubilité du carbone et qui s'élève rapidement jusqu'à 900° pour s'infléchir ensuite fortement.

Je ne trouve pas la concordance bien satisfaisante; mais les différences s'expliqueraient facilement par la difficulté de déterminer les limites extrêmes de la diffusion et de maintenir constantes les hautes températures.

Au sujet de la possibilité de la transformation au-dessous de *G*, je suis d'accord, en théorie, avec Roberts-Austen et Stansfield, bien que le professeur Arnold puisse avoir raison en pratique, si la vitesse de réaction n'est pas notable au-dessous de 750° . Mais la possibilité de la transformation apparaît plus clairement si on la compare à la formation des solutions liquides.

Prenons comme exemple l'eau et *NaCl*. Le point *G* est alors comparable au point de congélation de l'eau, le point *S* au point cryohydratique. Met-on en contact, à une température inférieure à *G* (ici 0°) et supérieure à *S*, du chlorure de sodium et de la glace, il se forme aussitôt une solution liquide (comparable aux cristaux mixtes γ), bien que *NaCl* soit insoluble dans la glace elle-même (comparable aux fers β ou α). Si *NaCl* est en excès, toute la glace passera progressivement à l'état de solution liquide. La quantité de *NaCl* justement nécessaire pour déterminer la fusion totale de la glace employée correspond, pour le cas de la diffusion du carbone, à l'un des points des courbes *GO* ou *OS*, suivant la température considérée, point où tout le fer libre a disparu pour donner des cristaux mixtes γ de la teneur en carbone minimum.

En présence de *NaCl*, la solution dissoudrait une nouvelle quantité de sel jusqu'à saturation à la température actuelle.

Cette saturation, pour la diffusion du carbone, Roberts-Austen et Stansfield pensaient l'avoir obtenue quand la teneur en carbone atteignait la ligne *SE*. Mais nous nous heurtons ici à une difficulté, car cette courbe, considérée comme la courbe de solubilité du carbone, ne représente pas la solubilité par rapport au carbone, mais par rapport à son composé Fe^3C .

Arnold rapporte tout le processus de la diffusion à une diffusion de Fe^3C , du moins à 900° , mais il considère en outre comme évident que le carbone est au même état dans les cristaux mixtes. C'est là un point de vue suranné, comme

il est encore facile de le montrer par comparaison avec les solutions salines. Prenons un sel comme Na^2SO^4 , qui forme avec l'eau une combinaison solide $Na^2SO^4, 10H^2O$. Pour que l'eau soit saturée de cette combinaison, il n'est pas nécessaire que Na^2SO^4 dissous existe en totalité ou en partie *dans* la solution à l'état d'hydrate, mais seulement que l'excès de sel indissous soit à l'état de $Na^2SO^4, 10H^2O$ au contact de la solution.

Aussi Roberts-Austen et Stansfield disent-ils avec raison qu'ils ne font aucune hypothèse sur l'état du carbone dans les cristaux mixtes. Mais il reste une difficulté qu'ils ne cherchent pas à résoudre.

Si la ligne SE était vraiment la limite de diffusion, il faudrait en conclure que la diffusion s'arrête là parce que la solution solide des cristaux γ est saturée par rapport à Fe^3C . Cela pourrait s'expliquer en disant, par exemple, que le carbone au contact immédiat du fer était transformé en carbure. Mais il n'est pas évident que la diffusion doive s'arrêter là.

Prenons encore un exemple chez les sels et choisissons-en un qui forme un hydrate, comme Na^2SO^4 . Ce sel peut aussi former une solution avec la glace, et si l'hydrate n'intervient pas (1), le phénomène sera terminé quand la solution est saturée par rapport à Na^2SO^4 anhydre. La courbe correspondante dans le cas du fer n'est pas la courbe SE , mais la courbe représentant la saturation des cristaux mixtes γ par rapport au carbone. La figure 2 ne montre qu'une petite partie de cette courbe en aE . Si on supposait cette ligne aE prolongée vers le bas, elle donnerait, à température égale, des teneurs en carbone plus élevées que SE , de même qu'une solution aqueuse saturée de Na^2SO^4 est plus riche en sel qu'une solution saturée de $Na^2SO^4, 10H^2O$. Cela n'est donc pas d'accord avec les observations sur la diffusion du carbone.

L'hydrate $Na^2SO^4, 10H^2O$ se produit-il, la solution revient à la nouvelle limite de saturation. Mais si le sel anhydre est en quantité suffisante, la solution finira par disparaître complètement, toute l'eau ayant servi à former de l'hydrate solide.

Transportés au cas de la diffusion du carbone, les phénomènes similaires s'énonceraient comme suit : si le carbone forme un carbure, les cristaux γ ne prendront pas à son contact une teneur en carbone supérieure à celle qui est déterminée par la courbe SE ; mais en présence d'une quantité suffisante de carbone, ils pourront se transformer intégralement en carbure. La teneur finale en carbone devrait donc monter jusqu'à 6,6 p. 100.

Nous arrivons donc à cette alternative : ou bien il ne se forme pas de carbure dans les essais de diffusion et, alors, la teneur finale en carbone doit être donnée

(1) Na^2SO^4 est un bon exemple, parce que, en l'absence de germe, il peut rester très longtemps à l'état anhydre en présence de l'eau. Le sulfate de thorium possède la même propriété, mais moins marquée.

par le prolongement de la courbe aE (fig. 2); ou bien il se forme un carbure, et un excès de carbone doit transformer tout le fer en ce carbure.

Les observations de Mannesmann concorderaient avec cette dernière conclusion (1). Arnold n'aurait pas atteint la fin de la diffusion.

Je ne me risquerai pas à décider. Il y a encore dans l'histoire des solutions salines une circonstance qui pourrait expliquer la divergence. Si l'hydrate, en se formant, enveloppe le reste du sel anhydre, la transformation de la solution en hydrate ne pourrait pas se poursuivre, pourvu bien entendu qu'on n'agit pas, et cette solution resterait saturée de l'hydrate. De même, il pourrait se former à la surface du fer une couche de carbure qui protégerait le noyau contre une diffusion ultérieure (2). Je ne sais si cela a été observé.

Si la diffusion prend fin dès que le carbure apparaît, la figure 6 s'accorderait encore mieux avec les observations d'Arnold, puisque vers 1000° , aussitôt Fe^3C disparu, la diffusion pourrait ici se pousser jusqu'à E' . A des températures plus élevées, les limites de l'absorption du carbone seraient $E'a/a$, puis BD .

RÉSUMÉ

1. — Ce travail représente une tentative pour obtenir, à l'aide de la doctrine des phases et particulièrement des nouvelles vues sur la formation et la transformation des cristaux mixtes, une explication cohérente des phénomènes multiples que présentent les alliages de fer et carbone, quand on les refroidit, lentement ou rapidement, depuis leur point de fusion jusqu'à la température ordinaire. Je me suis appuyé sur les recherches les plus récentes relatives à ces alliages.

2. — Les alliages fondus contenant de 0 à 2 p. 100 de carbone se solidifient en cristaux mixtes homogènes dont le fer est à l'état γ (état stable au-dessus de 890°); c'est ce qu'on appelle la martensite. Les alliages fondus contenant de 2 à 4,3 de carbone forment en se solidifiant un squelette de cristaux mixtes dont les intervalles sont remplis par l'alliage eutectique, conglomerat de cristaux mixtes et de graphite tenant ensemble 4,3 p. 100 de carbone.

Les alliages fondus contenant plus de 4,3 p. 100 de carbone donnent en se solidifiant un squelette de cristaux de graphite dont les intervalles sont remplis par l'alliage eutectique.

3. — Les alliages contenant plus de 2 p. 100 de carbone laissent déposer du

(1) *Bull. Soc. Enc. Ind. nat.*, 1899, p. 471.

(2) Du moins quand l'intérieur aurait atteint la concentration marquée par la ligne ES ; autrement, l'anneau de carbure serait absorbé par le noyau.

carbone entre 1130 et 1000°. A 1000°, il se fait une transformation qui produit un carbure de fer Fe^3C ou cémentite, aux dépens de la martensite et du graphite. Tant que la teneur en carbone total est inférieure à 6,6 p. 100, on obtient ainsi un conglomerat de martensite + cémentite. Cette transformation est le premier exemple où une combinaison chimique (Fe^3C) se forme d'une solution solide (martensite) et de l'un de ses éléments (graphite), et cela à une température tout à fait comparable à la température de transformation où se produit une combinaison à partir de la solution liquide et de l'un de ses éléments.

4. — La formation de cémentite se poursuit progressivement entre 1000° et 690°, en même temps que les cristaux de martensite du conglomerat s'appauvrissent en carbone jusqu'à 0,85 p. 100. Ces cristaux disparaissent à 690°, en se décomposant en fer α = ferrite (stable au-dessous de 770°) et cémentite.

5. — Quand les choses ne suivent pas ce processus normal, ce qui peut arriver, la cause en est la vitesse du refroidissement. Mais comme les trois périodes du refroidissement n'ont pas été étudiées séparément à ce point de vue, les résultats sont très incertains. Il est seulement établi que, en cas de refroidissement rapide, l'alliage fondu donne immédiatement de la cémentite, et que, au moment de la formation de la cémentite à partir de la martensite et du graphite, une partie de ce dernier échappe toujours à la transformation.

6. — Les alliages contenant de 2 à 0,85 de carbone pourraient, dans l'intervalle de température compris entre 1000° et 690°, laisser déposer de la cémentite, et, à 690°, se décomposer en cémentite + ferrite; mais ces deux transformations pourraient être supprimées par un refroidissement rapide, et les cristaux mixtes pourraient ainsi être conservés comme martensite.

7. — Les alliages contenant de 0 à 0,35 p. 100 de carbone présentent une séparation graduelle de fer β entre 890 et 770°, puis, à 770°, une transformation totale du fer β en fer α , et ensuite une séparation graduelle de fer α des cristaux mixtes restant à 770°. Les alliages contenant de 0,35 à 0,85 p. 100 de carbone présentent seulement de 770° à 690° une séparation de fer α . Dans tous les alliages de 0 à 0,85 p. 100 de carbone, la transformation des cristaux mixtes de martensite subsistant en ferrite et cémentite se produit à 690°. Le conglomerat de ces deux derniers (perlite) contient 0,85 p. 100 de carbone. Les transformations de cristaux mixtes de 0 à 0,85 p. 100 de carbone pourraient, comme celles des alliages de 0,85 à 2 p. 100, être supprimées par un refroidissement assez rapide à partir d'une température supérieure au point de transformation (trempe).

8. — La description des transformations dans les cristaux mixtes de 0 à 0,85 p. 100 de carbone serait un peu modifiée si l'on admettait que le fer β et le fer α peuvent aussi dissoudre le carbone en petite quantité. Cette supposition n'est pas condamnée par les faits connus.

9. — On a aussi cherché à trouver dans le système une place pour l'austenite.

Ce constituant pourrait y entrer, comme la martensite, à titre de cristaux mixtes se séparant des solutions liquides concentrées, pouvant exister à côté de la martensite et de la cémentite et se transformant par refroidissement lent en un conglomerat de ces deux derniers.

10. — Les calculs faits par d'autres auteurs sur l'état moléculaire du carbone dans les fers carburés liquides et dans leurs cristaux mixtes ont été révisés en tenant compte des modifications que la présence des cristaux mixtes apporte aux lois du déplacement des points de fusion et de transformation.

11. — On a cherché à trouver une explication correcte des résultats des essais faits sur la diffusion du carbone dans le fer, explication qui fût en harmonie avec la définition des domaines des différentes phases.

Amsterdam, le 30 juin 1900.

REMARQUES SUR LE MÉMOIRE PRÉCÉDENT

par F. Osmond.

Les recherches inaugurées par M. le professeur Tschernoff et développées surtout depuis une quinzaine d'années sur ce qu'on appelle en Amérique la physique de l'acier, ont abouti, vers la fin de 1896, à la confluence des deux courants, jusque-là parallèles, de la métallurgie scientifique et de la physico-chimie. L'intervention de M. le professeur Roozeboom dans les études métallurgiques était donc toute naturelle, je dirais presque attendue. Et M. Roozeboom y était si bien préparé par l'examen approfondi de questions similaires que, dans un domaine en apparence nouveau pour lui, il a pu tout d'abord évoluer avec une aisance, une sûreté et une autorité que les sidérurgistes de profession pourraient lui envier.

Si je me permets de présenter quelques remarques à propos de l'élégante synthèse que l'on vient de lire, c'est surtout pour préciser quelques-unes des données que j'ai pu contribuer à sa genèse (1).

Aux constituants structuraux antérieurement classiques de l'acier, ferrite, cémentite, perlite et hardenite, j'ai ajouté la martensite (hardenite non saturée), la sorbite, la troostite et, plus tard, l'austenite. Mais d'après les critiques qui m'ont été faites (je ne parle que des critiques sérieuses) et les renseignements

(1) Méthode générale pour l'analyse des aciers au carbone. (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, 4^e série. t. X, p. 480, mai 1895).

complémentaires qui m'ont été demandés, je me suis rendu compte que je n'avais pas défini avec une clarté suffisante deux de ces constituants, la sorbite et la troostite. C'est que mes premières conceptions manquaient elles-mêmes de netteté. L'expérience aidant, mes idées se sont éclaircies, et je puis aujourd'hui leur tracer une forme d'un dessin plus serré.

Aux températures élevées, entre la fin de la solidification et le commencement des transformations dans l'état solide, le fer, abstraction faite de la cémentite ou du graphite, est dans tous les fers carburés à l'état de cristaux mixtes γ . Si, par un artifice convenable, on réussit à conserver ces cristaux mixtes intacts à la température ordinaire, on a l'austenite, non magnétique. Après refroidissement lent, on aurait, comme forme d'équilibre stable à la température ordinaire, le système ferrite + cémentite.

Entre l'austenite (cristaux mixtes γ) et le système ferrite + cémentite, le fer subit deux transformations, à savoir $\gamma \rightarrow \beta$ et $\beta \rightarrow \alpha$, et le carbone passe de l'état dissous à l'état de combinaison définie Fe^3C .

Se forme-t-il pendant cette période de transformations, par exemple entre le fer β et le carbone de trempe, des associations qui correspondent à des phases? Cela n'est pas impossible; mais nous ne savons rien de précis à ce sujet, et surtout nous ignorons si nous pouvons conserver ces phases supposées. Nous sommes donc obligés de considérer l'ensemble des transformations comme un bloc, et les trois constituants martensite, troostite et sorbite nous apparaissent comme les étapes, partiellement immobilisées à la température ordinaire, que parcourent les fers carburés en passant de l'état cristaux mixtes γ au système ferrite + cémentite.

Que ces formes de transition existent, cela n'est contestable ni en théorie ni en fait, pas plus que l'existence de l'orangé entre le rouge et le jaune dans le spectre solaire. Mais quand on établit des divisions dans une série continue quelconque, on fait nécessairement une opération arbitraire, et le nombre des divisions peut varier suivant les points de vue auxquels on se place. Ainsi, pour continuer la comparaison tirée du spectre, un seul intermédiaire entre le rouge et le jaune suffit pour les besoins du langage courant, tandis que les spécialistes de la couleur, peintres ou décorateurs, costumiers ou modistes, distinguent dans le même intervalle quantité de nuances délicates.

Dans le cas de la nomenclature micrographique, la seule question qui puisse se poser à propos des formes de transition est donc la suivante : la classification faite par moi est-elle bien faite? Le nombre des divisions est-il assez ou trop grand? Chacune d'elles est-elle suffisamment caractérisée par ses propriétés micrographiques et mécaniques?

Pour la martensite, il n'y a guère de contestation possible. Entre elle et l'austenite, sans parler d'une différence usuelle, mais apparemment secondaire,

dans la constitution cristalline; il y a toujours un fossé : les transformations ne sont pas commencées (austénité) ou elles le sont (martensite). D'autre part, entre la martensite et la troostite, bien que j'aie pu observer des passages continus dans certains cas particuliers, il y a aussi un fossé dans les conditions usuelles; la limite topographique est bien tranchée. La martensite correspond donc : 1° au point de vue physico-chimique, au maximum de fer allotropique et de carbone de trempe que l'on peut conserver par un refroidissement très rapide dans les fers carburés où la teneur en carbone des cristaux mixtes ne dépasse pas 1,10 p. 100 environ à l'origine de la trempe; 2° au point de vue mécanique, au maximum de dureté que comporte la teneur en carbone. En pratique, on l'obtient par la trempe à l'eau froide, non suivie de revenu, de petits échantillons.

La troostite représente à la température ordinaire une forme de transition moins éloignée que la martensite de l'équilibre normal. Micrographiquement, elle se sépare nettement, du moins à l'ordinaire, de la martensite, comme nous venons de le voir; mais, du côté de la sorbite, il n'y a aucune limite nette : on peut facilement s'en assurer en trempant dans l'eau froide, au cours de la récalescence, un acier voisin de l'eutectique (environ 0,85 p. 100 de carbone); les grains déjà transformés donnent de la perlite et les grains non transformés de la hardenite (martensite saturée), tandis qu'entre ces deux formes bien tranchées, on peut suivre tous les intermédiaires. On réalise la troostite, soit par une trempe vive d'un acier en voie de transformation, soit par une trempe douce (par exemple à l'huile ou à l'eau bouillante) de petites pièces à partir d'une température supérieure au commencement des transformations, soit par un revenu modéré de la martensite.

La sorbite s'approche de l'équilibre. On pourrait presque la définir de la *perlite non liquatée*. Elle n'a de limites micrographiques définies ni du côté de la troostite, ni du côté de la perlite. On l'obtient irrégulièrement par un refroidissement assez lent pour que les transformations soient très avancées, et assez rapide pour que la séparation en ferrite et cémentite se fasse mal : dans la pratique, ces conditions sont plus ou moins exactement réalisées par le refroidissement à l'air de petits échantillons, par la trempe vive vers la fin de la récalescence, par la trempe au plomb fondu, par certaines doubles trempes ou par un revenu au bleu de la martensite.

Nous voyons donc que la martensite, la troostite et la sorbite, sans être toujours susceptibles, comme on pouvait bien s'y attendre, d'une définition micrographique rigoureuse, correspondent à des modes de préparation assez différents pour qu'on soit obligé de les distinguer en pratique et à des propriétés mécaniques très largement différentes *en moyenne*.

Les distinctions que j'ai cru pouvoir établir dans les formes de transition

entre les cristaux mixtes γ et la perlite me paraissent donc, quand je les regarde aujourd'hui à la clarté d'une expérience vieillie de cinq années, très convenablement motivées et justifiées au double point de vue du micrographe et du mécanicien. Je les ferais encore si j'avais à les refaire. Mais pour le physico-chimiste, il n'y a aucune raison probante de croire qu'elles correspondent à des phases proprement dites, si ce n'est peut-être à des phases transitoires dont le domaine se réduirait à une ligne sans largeur appréciable. Il n'est donc pas surprenant que M. Roozeboom n'ait pas réussi à trouver pour la troostite et la sorbite de place dans son système; et cela même est une preuve de la perspicacité de son sens critique. Quant à la martensite, on lui donne en réalité deux acceptions un peu différentes suivant que l'on désigne par ce même terme un constituant structural de l'acier à la température ordinaire ou les cristaux mixtes γ au rouge. La martensite, constituant structural à froid, est toujours plus ou moins magnétique : elle n'est donc pas identique aux cristaux mixtes; elle s'en rapproche seulement. Il serait donc préférable, ce me semble, bien que j'aie fait moi-même l'extension que je critique ici, et que cette extension puisse être justifiée dans une certaine mesure par l'identité des formes cristallines, de réserver le mot « martensite » pour le constituant structural à froid. Si l'on voulait désigner les cristaux mixtes au rouge par un des termes usités, celui d'austenite serait plus exact; mais comme il est lié à un stade de cristallisation particulier, le mieux serait sans doute de s'en tenir à l'expression de *cristaux mixtes γ* .

Si, comme je le pense actuellement, ces cristaux mixtes γ et l'austenite sont une seule et même chose au point de vue physico-chimique, les figures 5 et 6 de M. Roozeboom et les développements qui les expliquent peuvent être provisoirement mis en réserve. Je dis provisoirement, parce que nos connaissances ne sont pas tellement fixées que nous puissions nous prononcer sans appel. Il y a dans cette partie du travail de M. Roozeboom des considérations fort ingénieuses, très bien adaptées à certains faits d'expérience et que nous serons peut-être heureux de retrouver un jour à venir. Mais, pour le moment, la figure 2 me paraît, à elle seule, répondre à tous les besoins, et c'est à elle aussi que je bornerai mon examen.

Sur toute la partie du diagramme qui est commune au diagramme de sir Roberts-Austen, non plus que sur la ligne nouvelle $A\alpha$ ajoutée pour figurer la fin de la solidification des cristaux mixtes, je ne vois pas matière à discussion.

Reste les lignes aE et EF qui soulèvent quelques difficultés.

Parmi les faits d'expérience qui se rapportent à ces deux lignes, j'en aperçois certains qui sont favorables au tracé de la figure 2 et d'autres qui paraissent s'y adapter malaisément.

Au-dessous de la ligne aBC de la solidification de l'eutectique cristaux mixtes + graphite, le diagramme attribue à ce système un domaine $aBCEFH$,

domaine qui serait fréquemment sauté, si le refroidissement n'est pas trop lent ni la teneur en carbone trop forte.

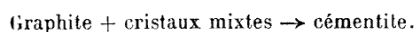
A l'appui de cette opinion, on peut citer une expérience de M. Royston (1). Cet auteur a chauffé rapidement à 1030° une fonte contenant :

$$\text{Gr} = \text{Tr} \quad \text{C comb.} = 3,85 \quad \text{Si} = 0,29 \quad \text{S} = 0,03 \quad \text{P} = 0,02 \quad \text{Mn} = 0,15,$$

et l'a trempée à cette même température; la fonte trempée renfermait :

$$\text{Gr} = 2,35 \quad \text{C comb.} = 1,50.$$

La trempe ayant supprimé la transformation suivant *EF* du système cristaux mixtes + graphite en cristaux mixtes + cémentite, la composition de cette fonte trempée serait celle de la fonte considérée à la température de 1030°; l'accord avec les prévisions est qualitativement complet, quantitativement suffisant. Il est vrai que la même expérience, répétée en remplaçant le refroidissement rapide par le refroidissement spontané à l'air, montre la même proportion de graphite. Mais comme il est admis par tout le monde que la transformation :



doit être lente, le fait n'a rien d'anormal et on pouvait le prévoir.

Il est également certain que le graphite cimente la ferrite dans le domaine *EFSK* de la figure 2.

Dans le stock de mes expériences inédites, j'en relève une qui est incomplète par suite d'interruptions accidentelles dans le fonctionnement de la plume du chronographe, mais qui peut cependant donner des indications.

M. Brustlein m'avait envoyé, à la date du 28 novembre 1895, un échantillon d'acier deux fois cémenté. Après première cémentation, fusion et forgeage, la teneur en carbone, tout le carbone étant combiné, était de 1,70 p. 100. Les chutes des barrettes furent repassées une seconde fois au four de cémentation : à leur sortie, elles étaient devenues malléables et donnaient à l'analyse :

$$\text{Gr} = 1,38 \text{ p. 100} \quad \text{C comb.} = 0,24 \text{ p. 100}.$$

La microstructure montrait des nids de graphite entourés de ferrite parsemée elle-même de petites mouches de graphite et le surplus était de la perlite. [Voir le photogramme au grossissement de 100 diamètres : attaque de 10 secondes par l'acide nitrique étendu de 4 volumes d'eau (2). C'était exactement la même struc-

(1) *The Relation of Carbon to Iron at High Temperatures* (*Journal Iron and Steel Inst.*, année 1897, part I, p. 166).

(2) La position du graphite au centre de la ferrite est à noter. Cependant, dans un autre échantillon, également deux fois cémenté et contenant seulement 1,50 p. 100 de C total, le graphite, beaucoup moins abondant, était en contact avec la perlite, sans interposition de ferrite indépendante.

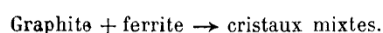
ture que venait d'obtenir M. Arnold (1) en recuisant pendant soixante-douze heures à 1000°, dans un ciment de chaux renfermé dans une boîte en fonte bien close, un acier à 1,47 p. 100 de carbone total (1,14 de graphite après recuit).

J'ai soumis l'acier de M. Brustlein à des recuits successifs à des températures progressivement croissantes de 780° à 950°. Deux barrettes, serrant entre elles le couple thermo-électrique de M. H. Le Chatelier, étaient placées, entre deux tampons d'amiante serrés, dans un tube en porcelaine entouré d'une couche de fil d'amiante. Le tout était introduit dans le moufle d'un four Mermet préalablement chauffé à son maximum (1000° environ); on laissait, en suivant l'échauffement du métal, la température s'élever au degré voulu, puis on sortait le tube et on le laissait refroidir jusqu'à 200°, toujours en enregistrant le refroidissement. On recommençait alors un nouveau chauffage à une température un peu plus haute, et ainsi de suite six fois. Ci-dessous les résultats (2) (Voir le tableau, p. 658).

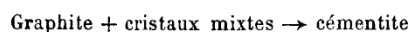


En comparant les longueurs successives des paliers pendant les chauffages ou les refroidissements, on voit qu'une augmentation continue s'est produite. De plus, la courbe de refroidissement, qui devrait être, pour 0,24 de carbone, celle d'un acier mi-doux (avec deux points d'arrêt, *Ar 3-2* et *Ar 1*), est devenue celle d'un acier dur, avec une seule récalescence.

On a donc certainement réalisé, entre 780° et 950°, la réaction



Mais comme la structure n'a pas été examinée, la réaction



dans le domaine *EFSK* n'est pas prouvée par cet essai.

Il semble cependant que la production de la cémentite, dans ces limites précises de température, ait été obtenue par Margueritte, en chauffant pendant

(1) *The Influence of Carbon on Iron. Proc. Inst. Civil Engineers*, t. CXXIII, session 1895-96, part. I.

(2) Il n'a pas été fait de correction pour les variations de la température du laboratoire pendant les expériences, ce qui explique, mais seulement en partie, l'abaissement progressif de la température critique.

TEMPÉRATURE INITIALE.		TEMPS (INTERVALLES EN SECONDES)											
		CHAUFFAGE 1	REFROIDISSEMENT 1	CHAUFFAGE 2	REFROIDISSEMENT 2	CHAUFFAGE 3	REFROIDISSEMENT 3	CHAUFFAGE 4	REFROIDISSEMENT 4	CHAUFFAGE 5	REFROIDISSEMENT 5	CHAUFFAGE 6	REFROIDISSEMENT 6
		21	778	225	788	198	837	198	877	198	936	198	946
TEMPÉRATURES.	926												
	917	»	»	»	»	»	»	»	»	»		23,2	3,7
	907	»	»	»	»	»	»	»	»	20,4		22,5	5,9
	897	»	»	»	»	»	»	»	»	18,3		19,2	4,8
	887	»	»	»	»	»	»	»	»	15,3		16,5	5,4
	877	»	»	»	»	»	»	»	»	14,3		16,8	5,3
	867	»	»	»	»	»	»	»	»	14,0		15,5	5,8
	857	»	»	»	»	»	»	»	»	13,8		13,6	4,8
	847	»	»	»	»	»	»	12,0	8,7	13,5		13,3	4,9
	837	»	»	»	»	»	»	11,2	6,6	12,0		12,0	4,8
	827	»	»	»	»	»	»	10,0	7,4	10,4		12,5	
	817	»	»	»	»	»	»	10,5	6,7	9,8		11,5	
	807	»	»	»	»	»	8,2	9,6	6,2	9,4		10,8	
	797	»	»	»	»	9,0	8,0	8,4	6,1	9,2		9,2	
	788	»	»	»	»	7,7	6,9	8,5	6,4	8,3		9,2	
	778	»	»	»	»	7,2	7,1	7,3	6,7	7,9		8,0	
	768	»	»	»	»	7,7	6,7	7,4	6,6	7,7		7,8	
	758	»	»	»	»	6,8	7,9	6,7	6,5	7,2		7,1	
	748	8,1	»	6,9	»	6,8	7,1	6,6	6,9	6,3		7,3	
	738	8,8	8,2	7,1	»	6,9	7,5	6,7	7,0	6,8		6,5	
	728	13,8	9,1	7,3	»	6,8	8,0	7,0	7,1	6,7		7,0	
	718	33,3	9,5	8,5	9,0	6,9	7,6	7,6	7,5	6,8		7,8	
	708	11,0	10,3	12,3	8,9	9,0	8,1	9,7	8,0	10,2		7,7	
	698	8,9	9,0	37,5	9,5	43,4	7,9	44,8	7,0	47,2		50,4	
	688	9,0	10,1	9,8	10,4	9,9	9,0	10,5	8,2	10,3		11,3	
	678	8,8	10,4	8,3	13,5	9,9	10,7	8,9	8,6	8,7		8,4	
	669	9,1	11,3	8,2	11,8	8,3	10,7	7,9	9,7	8,5		8,4	
	669	»	25,4	»	21,8	»	»	»	»	»		»	
	669	»	14,2	»	21,7	»	»	»	»	»		»	
	659	7,5	22,1	8,5	15,7	7,7	63,3	7,8	65,3	8,8		8,5	
	649	7,5	8,7	7,8	8,8	8,0	12,3	6,8	13,9	7,4		7,6	
	639	8,2	7,7	7,6	7,4	7,0	7,8	7,5	7,0	6,9		7,9	
	629	7,6	9,2	7,8	8,2	7,4	7,5	7,2	7,8	7,2	7,1	7,4	
	619	6,7	8,0	7,4	8,3	6,6	8,0	6,6	7,9	7,0	7,7	6,9	
	609	6,7	9,3	7,7	9,5	6,4	9,5	6,0	9,1	6,9	8,5	6,9	
	599	6,4	9,8	7,0	9,5	5,9	9,0	6,7	9,0	7,0	8,9	7,0	
	589	6,5	9,3	8,0	9,8	6,0	9,3	6,5	8,7	6,5	9,5	6,9	
	579	6,4	10,0	7,2	9,7	5,5	11,3	6,2	10,0	6,4	10,0	6,2	
	569	6,4	11,1	6,4	10,5	5,8	9,2	5,7	10,1	6,2	10,0	6,8	
	559	6,3	10,8	5,9	11,2	5,8	11,7	5,8	10,6	5,8	10,4	5,7	
	549	5,8	11,1	5,4	10,6	5,4	10,9	5,7	10,9	5,6	10,4	5,8	
	539	5,8	11,4	5,6	11,9	5,7	11,8	5,6	11,9	5,8	11,8	5,7	
Station à.		»	»	70	»	»	»	703	»	»	»	»	»
Montée ou descente de.		»	664	»	664	704	660	»	660	703	650	701	649
à.		»	669	»	670	701	668	»	668	701	658	698	657

trois heures, dans un courant d'oxyde de carbone, le fer pur très divisé (de l'oxalate); le carbone absorbé était dosé par l'augmentation de poids.

Ci-dessous les résultats :

Températures.	Carbone p. 100.
Cerise naissant, ramollissement et fusion du verre.	6,60
Cerise clair.	6,55
Orange foncé, fusion de l'argent	1,21

La grande division du fer est nécessaire : dans les mêmes conditions, le fer aggloméré prend beaucoup moins de carbone (1). Il est remarquable que la teneur en carbone, pour les deux premiers essais, correspond presque rigoureusement à la formule Fe^3C . Une telle concordance, répétée deux fois, ne saurait guère être fortuite, d'autant moins que Margueritte n'avait pas d'idée préconçue et n'a pas cherché le composé défini obligatoire.

D'autre part, M. Royston, en recuisant pendant trois heures de la fonte malléable dont tout le carbone était à l'état de graphite au commencement du recuit, n'a pas réussi à redissoudre plus de

Traces à.	620°
0,85 p. 100 à.	720°
1,50 p. 100 à.	1030°

tandis que M. Saniter, par cémentation vers 900° dans le charbon de bois, aurait fait absorber à du fil de fer de 1 millimètre de diamètre 2,95 p. 100 de carbone total dont 2,42 de carbone combiné (2). Cette teneur de 2,42 p. 100 de carbone combiné est certainement très notablement supérieure à celle que les cristaux mixtes peuvent tenir en dissolution à 900° et suppose la formation de la cémentite indépendante.

Si l'on acceptait les chiffres de M. Royston comme représentant la saturation du fer solide en présence du graphite aux températures indiquées et que l'on transportât ces données sur le diagramme de la figure 2 de M. Roozeboom, la ligne aE (prolongée) passerait tout entière à gauche de ES et aboutirait presque exactement au point S , de sorte que EF viendrait pratiquement coïncider avec SK .

Que la saturation du fer ait été atteinte en trois heures dans les essais de M. Royston, rien n'est moins certain. Cependant il est d'autres faits qui tendraient aussi à faire pivoter vers la gauche autour de a la ligne aE (prolongée) de la figure 2. Je ne parle pas de la fabrication de la fonte malléable par recuit dans une brasque d'oxyde, parce que l'intervention de l'oxygène peut compliquer singulièrement la marche des phénomènes, et que les produits ainsi obtenus

(1) *Comptes rendus*, t. LIX, p. 726, 31 octobre 1864.

(2) *Carbon and Iron* (*Journal Iron and Steel Inst.* 1897, part. II, p. 115).

sont loin d'être homogènes, comme l'a montré M. Stead (1). Mais le recuit prolongé de la fonte blanche dans une brasque de charbon détermine également la séparation de graphite. Ainsi, dans une fonte qui contenait primitivement p. 100 :

$$\text{C comb.} = 3,27 \quad \text{Gr} = 0,00 \quad \text{Si} = 0,304$$

Forquignon trouve 1,21 p. 100 de graphite après soixante-douze heures et 1,69 après cent quarante-quatre heures de recuit au rouge cerise clair, c'est-à-dire à une température probablement inférieure à 900° (2). J'ai cité plus haut le cas d'un acier à 1,70 p. 100 de carbone dont la teneur en carbone combiné s'était abaissée à 0,24 par suite d'une seconde cémentation et de la formation de graphite; M. Royston dit même que la précipitation du carbone à l'état de graphite peut être totale. Ce sont autant de faits (et l'on pourrait en trouver d'autres) qui tendraient à faire croire que la ligne aE (prolongée) devrait être obliquée vers la gauche, de façon à couper la ligne GOS en un point d'ailleurs mal déterminé. C'est à la même conclusion qu'arrive M. Stansfield dans sa communication au dernier *meeting* de l'*Iron and Steel Institute*.

En résumé, sur la formation du graphite dans les fers carburés, nous nous trouvons en présence de données contradictoires. Sans doute, il faut tenir compte non seulement du temps, mais encore de la présence de certains corps étrangers. On sait déjà que le silicium et l'aluminium, quand ils atteignent une teneur suffisante, séparent le carbone à l'état de graphite dès la solidification. Une très petite quantité des mêmes corps pourrait, à la longue, agir dans le même sens : un seul atome de silicium représente une teneur aussi élevée que l'on veut dans un rayon suffisamment petit autour de lui; si cet atome est mobile, comme on peut s'y attendre dans une solution, et que la redissolution du graphite précipité soit lente, un certain équilibre pourra s'établir entre les causes de séparation du graphite et les causes de formation de la cémentite. Inversement, Forquignon a montré qu'une atmosphère d'hydrogène s'opposait au dépôt du graphite dans les mêmes conditions de temps et de température où la même fonte l'aurait fourni en abondance par recuit en minerai ou en charbon.

Il paraît donc prématuré, avec le peu de matériaux que nous possédons actuellement, de présenter une conclusion ferme sur les dernières difficultés que nous offre l'étude des fers carburés purs; et le mieux que nous ayons maintenant à faire est d'instituer des expériences méthodiques en nous inspirant des utiles conseils de M. le Professeur Roozeboom.

Paris, le 12 octobre 1900.

(1) *Proc. of the Cleveland Inst. of Engineers*, décembre 1895.

(2) *Recherches sur la fonte malléable et sur le recuit des aciers*, Gauthier-Villars, Paris, 1881.

OBSERVATIONS SUR LE MÉMOIRE DE M. BAKHUIS-ROOZEBOOM, PAR M. H. Le Chatelier,
membre du Conseil (1).

L'étude de M. B. Roozeboom sur l'application de la loi des phases aux alliages du fer et du carbone présente un intérêt considérable, bien qu'elle n'apporte aucun fait expérimental nouveau et consiste uniquement en une coordination plus méthodique de faits antérieurement connus. Plusieurs tentatives avaient déjà été faites pour rattacher la théorie de la constitution des aciers aux lois de la dissolution et avaient rendu de réels services. Mais ces théories étaient restées incomplètes, parfois même des erreurs graves s'y étaient glissées. L'étude de M. B. Roozeboom, d'une science absolument rigoureuse, peut être considérée comme définitive. Il y aura certainement à corriger les valeurs numériques des coordonnées des différents points des courbes, dont aucune n'est encore déterminée avec précision; il y aura à compléter ces courbes en y ajoutant des branches correspondant aux nouvelles phases que l'on pourra découvrir; j'indiquerai plus loin des corrections de cette nature, mais il n'y aura aucune suppression; aucune modification essentielle à faire pour encadrer les faits nouveaux qui se présenteront.

L'intérêt d'une semblable coordination est le suivant : les phases, c'est-à-dire les différents états de la matière entrant dans la constitution des fers, aciers et fontes, sont extrêmement nombreuses. On en compte au moins six à la température ordinaire : *ferrite*, *martensite*, *austénite*, *troostite*, *cémentite*, *graphite*, auxquelles il faut encore en ajouter cinq autres pour les températures élevées : les variétés allotropiques β , γ , δ du fer; la variété non magnétique de la martensite, et enfin le métal fondu, soit en tout 11 phases différentes.

Pendant les périodes successives du refroidissement depuis l'état complètement liquide jusqu'à la température ordinaire, ces phases peuvent être juxtaposées 1, 2, 3 ensemble et peut-être plus encore. Le nombre des permutations possibles entre ces différentes phases est énorme; en outre, pour un même système de phases en présence, il y a à considérer les variations de leurs proportions relatives; l'étude expérimentale de phénomènes aussi complexes est absolument impossible sans un fil directeur; en son absence, cette étude serait tellement longue que des générations entières de savants n'y suffiraient pas, mais surtout les erreurs expérimentales inévitables ne permettraient pas la séparation exacte de faits souvent très voisins et l'obscurité irait en croissant avec le nombre des expériences.

(1) Cette note est le développement d'une note semblable présentée à la réunion de l'*Iron and Steel Institute*, le 18 septembre 1900.

Voici en quelques mots la façon dont on peut utiliser dans le cas actuel l'application de la loi des phases. A chaque température (la pression étant supposée constante) un système composé de fer et de carbone en proportions quelconques données, tend vers un état entièrement déterminé, un état d'équilibre. C'est la connaissance de ces états d'équilibre stable que l'on doit, avant tout, se proposer d'acquérir. Eh bien ! la loi des phases nous donne à leur endroit un certain nombre d'indications absolument rigoureuses auxquelles les faits expérimentaux doivent nécessairement se conformer s'ils ont été bien observés.

1° Jamais, dans un semblable état d'équilibre, on ne rencontrera quatre phases juxtaposées. Quand on rencontre quatre phases, on est certain que le système n'est pas en équilibre ; il tend à se transformer encore ;

2° La coexistence de trois phases est possible, mais seulement à une température déterminée et avec une composition invariable de chacune des phases en présence. Les proportions relatives de chacune d'elles peuvent seules varier. Un semblable système est dit *invariant*, sa représentation graphique sur les figures est donnée par un point ;

3° La coexistence de deux phases est possible à toute une série de températures différentes, la composition de certaines phases (dissolutions solides ou liquides) peut varier avec la température, mais est entièrement déterminée pour une température donnée. On peut donc faire varier arbitrairement une des grandeurs et une seule de celles qui définissent l'état du système ; il est dit en conséquence *monovariant*. La représentation géométrique de la composition de chacune des phases en fonction de la température sera une courbe, et chacune de ces courbes reliera entre eux deux des points invariants. Cette simple remarque présente une grande importance pratique : les différents points invariants sont généralement assez rapprochés pour que l'on puisse le plus souvent confondre sans erreur appréciable les courbes qui les réunissent avec des droites. Or il suffit de deux points pour déterminer une droite, la connaissance des points invariants est donc suffisante pour donner déjà une connaissance très précise des conditions d'équilibre des systèmes monovariants. On comprend combien le travail expérimental se trouve par là simplifié.

On peut remarquer en passant que tout alliage binaire pris à la température ordinaire, qui est une température quelconque choisie arbitrairement, doit être constitué par un système monovariant, c'est-à-dire, dans le cas actuel, doit renfermer deux phases différentes. Cette remarque n'est exacte cependant que si la composition totale du système chimique est quelconque. Pour certaines compositions particulières, il pourra arriver que le nombre des phases se réduise à l'unité. Ce serait le cas, par exemple, pour une proportion du carbone nulle qui donnerait la phase unique ferrite, ou pour une proportion de carbone correspondant à la combinaison définie Fe_3C . On devrait, dans ce dernier cas, au moins

en théorie, car il est pratiquement irréalisable, n'avoir que la seule phase cémentite; de même, encore, pour des proportions relatives de fer et carbone correspondant à une solution solide non saturée, etc.

4° Enfin, dans le cas d'une seule phase, on aura un système *divariant*, c'est-à-dire que l'on pourra faire varier à la fois arbitrairement deux des grandeurs qui définissent l'état du système, par exemple: la température et la composition de la phase solution du système. Ces deux grandeurs une fois fixées, toutes les autres sont par là déterminées. Mais, puisqu'il n'y a qu'une seule phase, cette détermination est indifférente au point de vue des questions de composition chimique.

Après avoir rappelé ces principes généraux, revenons à l'application qu'en a faite M. B. Roozeboom. Le service à demander à la loi des phases est une classification plus claire des données de l'expérience qui permette de les embrasser d'un seul coup d'œil. Dans cet ordre d'idées, les représentations géométriques sont éminemment utiles. On peut cependant se demander si le mode de représentation adopté par M. B. Roozeboom remplit toutes les conditions voulues. On peut en douter en voyant la complexité de figures qui sont cependant encore incomplètes; la figure 2 de M. B. Roozeboom ne comprend aucune des branches de courbes relatives à l'austénite, et la figure 5 aucune des branches de courbes relatives à l'équilibre du graphite avec le martensite.

Cette complexité exagérée des diagrammes en question tient à deux causes qui sont :

1° La présence de nombreuses lignes horizontales n'ayant rien à voir avec la loi des phases. Elles ont leur raison d'être dans la représentation des expériences brutes faites par la méthode du refroidissement; elles indiquent les temps d'arrêt souvent très prolongés que l'on observe à la fin d'une transformation, par exemple, dans la solidification des mélanges eutectiques;

2° Les courbes représentant la composition des différentes phases variables (métal fondu ou dissolution solide) sont réunies dans une même figure, de telle sorte que chaque point, suivant la manière de l'envisager, peut représenter la composition de l'une ou l'autre des phases d'un système donné. Il est préférable au point de vue de la clarté de tracer pour chacune des phases différentes un tableau différent, en ayant seulement le soin de les juxtaposer de façon que les mêmes températures se trouvent sur une même horizontale. Le rapprochement sur une même figure de courbes relatives à différentes phases n'a d'intérêt que pour faire ressortir d'une façon plus évidente les différences de composition des phases juxtaposées et pour calculer leurs proportions relatives. Mais cet avantage ne suffit pas pour compenser l'inconvénient des confusions pouvant résulter de ce rapprochement. Il faudrait, pour éviter cette confusion, pouvoir différencier les courbes par des caractères sautant aux yeux comme l'emploi de couleurs particulières pour le diagramme de chacune des phases différentes.

On donnera plus loin (fig. 1 et 2) la reproduction des courbes de M. B. Roozeboom séparées ainsi en plusieurs tableaux, mais il y a lieu auparavant de discuter quelques-unes des données numériques ayant servi à dresser les courbes.

1° *Courbes du métal fondu.* — Les températures de solidification commençante du métal fondu qui donnent la courbe d'équilibre de la phase liquide avec les différentes phases solides ont été déterminées à différentes reprises, principalement par Mannesman, Osmond et R. Austen. Les déterminations de Mannesman, à première vue très différentes des autres, en raison de l'échelle adoptée pour l'estimation des températures, peuvent être aisément corrigées en admettant que les températures voisines de 500° sont exactes, que la température de fusion du fer est de 1550° au lieu de 2000° et en faisant une correction proportionnelle dans l'intervalle.

Les résultats dus à ces trois expérimentateurs sont, en résumé, les suivants :

Carbone p. 100	0	1,3	1,8	2,7	3,5	4,3	5,5
Mannesman.	1550°	1400°	1310°	1250°	1200°	1160°	1200
Osmond.	1550	1410	1320	1260	1200	1125	1260
R. Austen.	1600	1420	1360	1250	1200	1140	1290

Ces résultats sont assez concordants pour donner une détermination suffisamment précise de la courbe de fusibilité. En reportant les différents points expérimentaux sur une feuille de papier quadrillé, on voit que la courbe moyenne correspond sensiblement aux données suivantes :

Carbone p. 100.	0	1	2	2,25	3	4	4,3	5,5
Température.	1575°	1450°	1320°	1275°	1230°	1170°	1150°	1250°

Il semble qu'en partant du fer pur jusqu'au point de fusion minimum la courbe peut être représentée par deux droites se coupant au point

Carbone p. 100.	2,25
Température	1275°

L'existence réelle d'un point anguleux semblable serait très importante; elle montrerait que le corps solide en équilibre avec le métal fondu change brusquement de nature. Ces deux phases solides se remplaçant l'une l'autre seraient la martensite et l'austénite. Mais le degré de précision actuelle des expériences ne permet pas de formuler une conclusion certaine. Les résultats pourraient également être représentés d'une façon convenable par une courbe continue.

2° *Courbes des solutions solides.* — L'ensemble des faits observés jusqu'ici conduit à admettre l'existence de deux solutions solides différentes, la martensite et l'austénite, mais leur distinction n'est pas encore très nette. On peut,

comme l'a fait M. B. Roozeboom, négliger l'existence de l'austénite dans une première approximation, puis revenir ensuite sur son existence et discuter la place qu'elle doit occuper.

En ce qui concerne la martensite, il y a lieu d'étudier son équilibre successivement avec le métal fondu, le graphite, la cémentite et la ferrite. On n'a aucun renseignement sur la composition de la martensite en équilibre avec le métal fondu ; par contre, on a, par les travaux de Sauveur, Osmond et R. Austen,

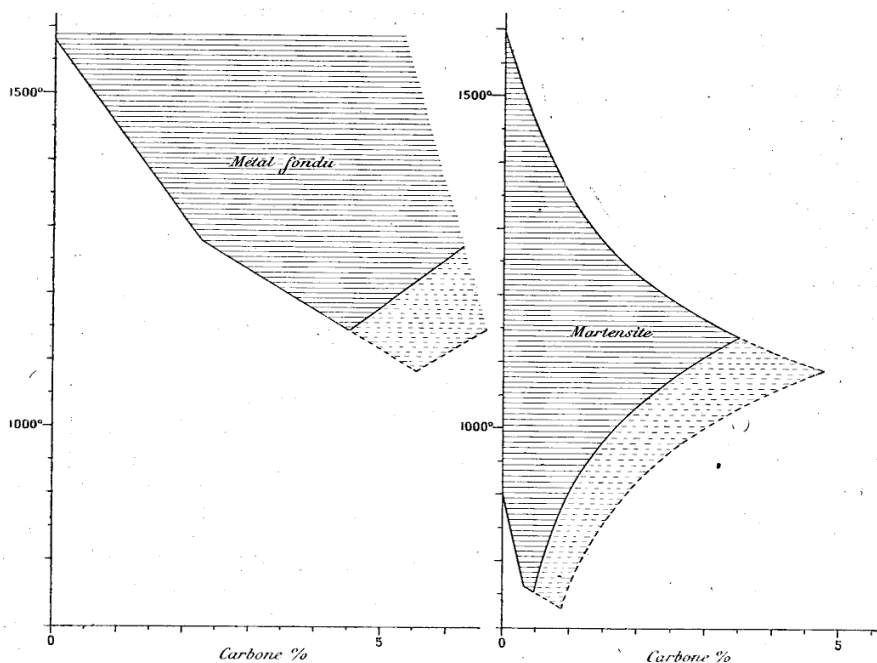


Fig. 1.

Fig. 2.

des renseignements assez précis sur son équilibre avec la cémentite et la ferrite. Ces données ont été utilisées par M. B. Roozeboom ; il n'y a rien à y changer. La deuxième branche relative à l'équilibre avec le graphite a été tracée d'une façon entièrement hypothétique et certainement inexacte. On a supposé qu'elle venait couper la branche relative à la cémentite, tandis qu'elle lui est toujours supérieure. On sait, en effet, par les procédés de fabrication de la fonte malléable, que la cémentite, au contact de la martensite, est dans un état métastable et tend à se dédoubler en mettant du graphite en liberté. La branche de courbe relative à l'équilibre avec la cémentite correspond à une sursaturation semblable à celle du sulfate de soude à 7 molécules d'eau ; elle doit, par suite, être tout entière

au-dessous de la courbe du graphite, comme celle du sel à $7\text{ H}^2\text{O}$ est au-dessous de celle du sel à $10\text{ H}^2\text{O}$.

On possède d'ailleurs des données expérimentales plus précises, fournies par les expériences de Mannesman et de Royston, pour déterminer la forme de la courbe d'équilibre de la martensite avec le graphite.

Voici ces résultats :

Température.	700°	400°	900°	1 000°	1 100°	1 130°
Mannesman, carbone p. 100. . .	0,43	0,53	0,75	1,5	4	5,5
Royston, carbone p. 100	0,7	»	»	1,4	»	»

On voit que, au-dessus de 1 000°, la teneur en carbone croît très rapidement dans la martensite; elle arriverait même, si les expériences de Mannesman sont exactes, à être plus grande que dans le métal fondu. Ce serait là un fait très important, et qui demanderait vérification, mais que l'on négligera provisoirement.

L'ensemble de ces données conduit, pour les courbes relatives à la martensité, au diagramme ci-dessous, qui est rapproché de celui du métal fondu, en ayant soin, comme cela a été dit plus haut, de placer les mêmes températures sur une même horizontale.

3° *Branche de l'austénite*. — Il reste maintenant à discuter la question de l'existence de l'austénite comme phase distincte de la martensite. Elle est caractérisée, d'après M. Osmond, par une dureté, une perméabilité magnétique, et une altérabilité aux réactifs moindres que celles de la martensite. Cela suffit bien pour établir une démarcation tranchée entre ces deux espèces de matières à la température ordinaire, mais cela ne suffit pas pour prouver que la même différence existe à chaud. On sait, en effet, qu'au-dessus du point de récalescence la martensite n'est pas magnétique, et ne le devient que par le refroidissement. L'austénite pourrait n'être qu'une variété de martensite conservée à la température ordinaire dans un état identique à celui qu'elle possède à chaud, cette conservation totale pouvant être due simplement à la présence d'une teneur un peu plus élevée en carbone. Cependant, la netteté des contours des cristaux d'austénite rend cette hypothèse un peu difficile à admettre. Il est plus vraisemblable qu'il n'y a pas continuité entre ces deux sortes de solutions solides, et qu'elles appartiennent à un système cristallin différent, fait dont on connaît un grand nombre d'exemples semblables. Le passage de l'une des variétés à l'autre serait accompagné d'un changement brusque dans la teneur en carbone. Il faudrait alors diviser le diagramme tracé précédemment pour la martensite en deux parties séparées l'une de l'autre, comme le montre le diagramme de la figure donnée plus loin.

4° *Branche de la troostite*. — M. B. Roozeboom a laissé complètement de côté

la troostite en l'absence de tous renseignements précis à son égard. Des recherches non encore publiées m'ont permis d'obtenir quelques indications sur ses conditions d'existence. Le phénomène de récalescence n'est pas simple comme on l'avait supposé jusqu'ici; il résulte, en réalité, de la succession de deux phénomènes distincts : la transformation de la perlite en troostite, et ensuite de cette troostite en martensite. Je l'ai reconnu en étudiant la dilatation des aciers. L'acier à 0,9 de carbone présente à l'échauffement, au point de récalescence,

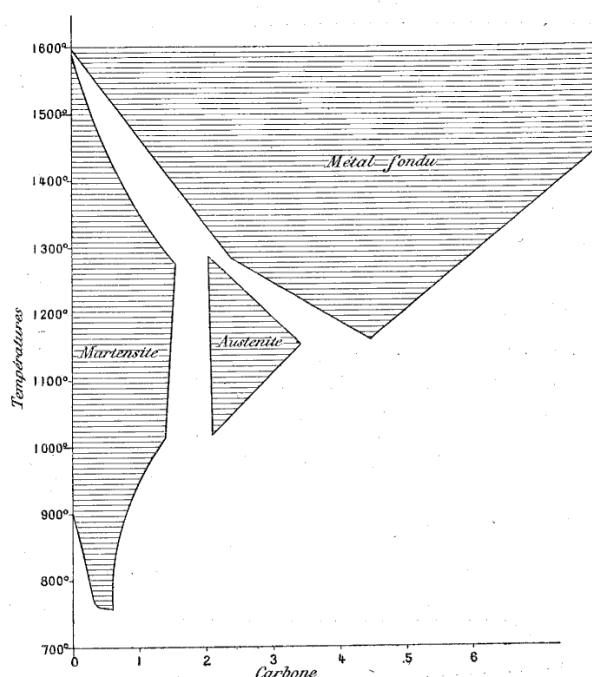


Fig. 3.

une contraction brusque, immédiatement suivie d'une dilatation égale, et du signe contraire, dont la valeur est de 0,1 p. 100. Pour préciser la nature du phénomène donnant lieu à ces deux changements inverses, j'ai fait les expériences de trempe suivantes. Le métal, trempé au début de la contraction brusque, a été examiné par les procédés de la métallographie microscopique; il était entièrement constitué par de la perlite; trempé au maximum de contraction, il était presque entièrement constitué par de la troostite englobant quelques petits lambeaux de perlite et de martensite; enfin, trempé aussitôt le retour aux dimensions initiales, il était entièrement constitué par de la martensite. Mais l'écart entre ces deux transformations successives ne dépasse pas une cinquantaine de

degrés; leur étude complète sera très délicate. J'ai observé la même séparation en deux périodes dans les aciers à 0,3 p. 100 de C, mais seulement au refroidissement. Dans les aciers à 1,1, elle est restée douteuse. Je n'ai pu avoir aucune indication sur la composition de la troostite; c'est, très vraisemblablement, une solution solide différant de la martensite et de l'austénite en ce qu'à sa température de formation elle est déjà magnétique.

Le graphique ci-dessus a été tracé en tenant compte de toutes les corrections qui viennent d'être indiquées ici; les diagrammes relatifs aux différentes phases ont été réunis dans le même tableau, pour rendre les comparaisons plus faciles avec celui de M. Roozeboom. Les courbes se rapportant à des états métastables ont été supprimées, pour éviter toute confusion. Le diagramme de la troostite n'a pas été tracé, faute de données sur la composition de cette phase.

On sera, à première vue, tenté de faire à ces applications de la loi des phases une objection qu'il est utile de prévoir. L'examen micrographique des alliages montre que très souvent le nombre des phases est supérieur à celui que prévoit la théorie. Dans les fontes, par exemple, on rencontre fréquemment ensemble graphite, cémentite et ferrite, quand il ne devrait y avoir que deux phases au lieu de trois. Parfois même, le nombre des phases est infiniment grand, la martensite présentant une composition variable d'un point à l'autre, d'une façon continue, comme on peut le voir par le resserrement plus ou moins grand des bandes de la perlite engendrée par cette martensite. Dans tous les cas semblables, résultant le plus souvent d'un refroidissement trop rapide, l'état d'équilibre n'est pas atteint, il n'y a donc pas à appliquer la loi des phases.

CHIMIE

DÉGRADATION DES MORTIERS DANS LES LIQUIDES SALINS, par M. Deval.

D'après Vicat, les mortiers de vieille fabrication résistent plus longtemps à la mer que ceux de plus fraîche fabrication.

Pour vérifier ce fait, des tablettes de 2 millimètres d'épaisseur ont été taillées dans des briquettes de ciment pur de Portland ayant séjourné dans l'eau pendant sept jours, trois mois et six mois. Ces tablettes, aussi exemptes que possible d'acide carbonique, ont été usées au grès et placées les unes dans une solution de sulfate de magnésie à 6 grammes de sel anhydre par litre, et les autres dans une solution saturée de sulfate de chaux. Ces solutions ont été renouvelées fréquemment.

Les premières traces d'altération et la ruine complète des tablettes se sont produites comme l'indique le tableau suivant.

	MgO.SO ³		CaOSO ³	
	1 ^{re} DÉGRADATION au bout de	RUINE au bout de	1 ^{re} DÉGRADATION au bout de	RUINE au bout de
CIMENT A				
Après 7 jours de confection. . . .	25 jours.	31 jours.	22 jours.	26 jours.
— 3 mois —	37 —	»	25 —	52 —
CIMENT B				
Après 3 mois de fabrication. . . .	63 —	»	47 —	»
— 6 — —	94 —	5 mois.	74 —	5 mois.

L'éprouvette du ciment A, immergée pendant sept jours, s'est altérée plus vite que celle du ciment immergé pendant trois mois. De même l'éprouvette provenant du ciment B, ayant trois mois de séjour dans l'eau, s'est altérée plus vite que celle qui en avait six, et cela quel que soit le liquide salin : sulfate de magnésie ou sulfate de chaux.

Il est à remarquer que la première dégradation s'est montrée sur le ciment A, âgé de 3 mois, au bout de trente-sept jours dans le sulfate de magnésie, tandis qu'elle n'a pu être observée sur le ciment B de même âge, et dans les mêmes

conditions, qu'au bout de soixante-trois jours. La même différence a lieu avec le sulfate de chaux. Le ciment A et le ciment B, sont deux ciments Portland de l'usine de Frangey. Ils sont de même fabrication et de même composition, ainsi que l'indiquent les deux analyses suivantes :

	Ciment A.	Ciment B.
Silice.	212	213
Sable.	8	8
Alumine	72	70
Peroxyde de fer.	26	26
Chaux	636	636
Magnésie.	17	19
Acide sulfurique	5	6
Perte au feu et matières non dosées. . .	24	22
TOTAUX.	1 000	1 000

Les dégradations ne se manifestent pas également sur toute la surface des éprouvettes. Elles semblent se produire de préférence sur les arêtes ou les sommets des angles les plus aigus.

Dans des briquettes de ciment de Boulogne pur ayant séjourné dans l'eau pendant deux mois, on a taillé des prismes à base triangulaire dont les arêtes correspondaient à des angles dièdres de 20°, 22°, 38°, 40°, 65°, 77°, 79°, 80° et 90°.

Dans le sulfate de chaux, l'arête correspondant à l'angle de 20° a commencé à donner des traces de fendillement au bout de dix-huit jours et celle de l'angle de 38° au bout de quarante-quatre jours. Les autres arêtes sont encore intactes après cinq mois.

Dans le sulfate de magnésie, l'arête de l'angle de 22° a commencé à s'ouvrir au bout de trente-cinq jours et celle de l'angle de 40° au bout de quatre mois. Les autres arêtes sont intactes après cinq mois.

Une pyramide dont le sommet est formé par quatre faces dont les angles sont compris entre 30° et 40°, a été maintenue dans le sulfate de magnésie.

Le sommet a commencé à blanchir au bout de trente-trois jours. Après quarante-quatre jours, on a observé le long des arêtes un léger gonflement partant du sommet. Ces gonflements se sont transformés en fissures d'autant plus fortes qu'elles se trouvaient plus près du sommet. Enfin, le sommet de la pyramide s'est ouvert. Les autres sommets sont encore intacts après cinq mois.

Il résulte de ces essais :

1° Que les mortiers de ciment de fraîche fabrication s'altèrent plus vite dans les solutions salines que ceux de plus vieille fabrication : ces résultats sont conformes aux indications de Vicat.

2° Que les dégradations apparaissent de préférence sur les arêtes des angles les plus aigus, ainsi qu'aux sommets les plus aigus des éprouvettes.

ARTS MÉCANIQUES

FILETAGE INTERNATIONAL

OUVERTURES DE CLEFS POUR LES VIS DU SYSTÈME INTERNATIONAL

Le Congrès international de Zurich, les 3 et 4 octobre 1898, après avoir fixé les règles fondamentales du *système international de filetages* pour les vis mécaniques (S. I.), avait chargé une commission spéciale d'élaborer les règles accessoires concernant les dimensions des écrous et des têtes de boulons (1). Cette commission, composée de représentants de l'Union des Industriels Mécaniciens suisses, de l'Association des Ingénieurs allemands et de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, s'est réunie le 20 octobre dernier à Zurich, sous la présidence de M. le colonel Huber-Werdmüller; elle a arrêté les règles suivantes, relatives aux ouvertures de clefs :

A chaque diamètre normal de vis correspond une ouverture de clef spéciale.

Ces ouvertures de clefs sont les mêmes pour l'écrou et pour la tête du boulon correspondant.

La même ouverture s'applique aux écrous bruts et aux écrous finis à la machine.

Les ouvertures sont définies comme cotes limites, la largeur de la tête devant toujours se tenir en dessous de la cote et l'ouverture réelle de la clef toujours en dessus.

Il est recommandé de donner à l'écrou une hauteur égale au diamètre d de la vis, et à la tête du boulon une hauteur égale à $0,7 d$.

Les ouvertures de clefs se rapprochent de celles calculées d'après la formule $1,4 d + 4$ (en millimètres).

(1) Voir *Bulletin de la Société*, octobre 1898, p. 4269, et mars 1899, p. 421.

Le tableau ci-après donne ces ouvertures pour tous les diamètres normaux :

DIAMÈTRE DE LA VIS.	PAS.	OUVERTURE DE CLEF.	DIAMÈTRE DE LA VIS.	PAS.	OUVERTURE DE CLEF.
millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
6	1	12	33	3,5	50
7	1	13	36	4	54
8	1,25	15	39	4	58
9	1,25	16	42	4,5	63
10	1,5	18	45	4,5	67
11	1,5	19	48	5	71
12	1,75	21	52	5	77
14	2	23	56	5,5	82
16	2	26	60	5,5	88
18	2,5	29	64	6	94
20	2,5	32	68	6	100
22	2,5	35	72	6,5	105
24	3	38	76	6,5	110
27	3	42	80	7	116
30	3,5	46			

E. SAUVAGE.

NOTES DE MÉCANIQUE

FABRICATION DES BILLES A LA *Steel Ball Co* DE CHICAGO (1)

Cette fabrication originale et fort intéressante se fait au moyen d'une série de machines ingénieuses dues à M. *Christian Hill*.

La première de ces machines est une découpeuse, qui a pour objet de couper dans une tige d'acier les flans dont on tire ensuite les billes. Cette machine se compose essentiellement (fig. 1 et 2) d'un cylindre de 150 millimètres de diamètre et de 100 millimètres de long, armé de six couteaux sur lesquels on avance obliquement la tige, en la déplaçant latéralement à chaque coupe, de manière à uniformiser l'usure des cou-

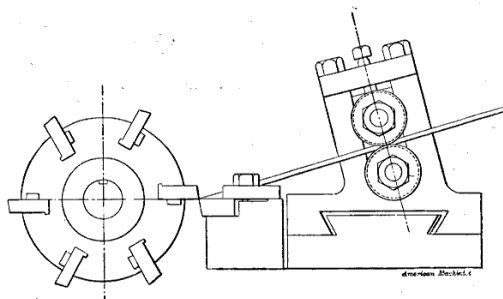


Fig. 1. — Coupeuse. Schéma du fonctionnement.

teaux. Cette machine peut débiter, par heure, 30 à 70 000 flans, suivant la grosseur de la tige.

De là, ces flans passent dans un four, d'où ils tombent dans la trémie E de la machine à forger (fig. 3 à 6). Cette machine, très simple, se compose d'une série de cylindres B_1, B_2 , tournant dans des enveloppes D_1, D_2 , légèrement excentrées pour faciliter l'entrée des billes, ajustables et appuyées par des vis G_1 et G_2 , avec gorges d et b correspondantes, dans lesquelles s'engagent les flans. Ces gorges sont pourvues d'encoches d' et b' , de 5 millimètres environ plus profondes que le rayon des gorges, de manière que le flan soit, quand une encoche b' arrive au droit d'une d' , lâchée par b' et retournée par d' . Des aiguillages d_2 font passer d'un cylindre B à l'autre B' les flans, ainsi roulés dans leurs gorges, dont ils sortent en billes par la trémie F.

Des machines à forger, les billes passent, aussitôt que refroidies, aux meules dégrossissantes, en couronnes d'émeri de 400 millimètres de diamètre, 100 d'épaisseur et 250 de largeur, roulant (fig. 8) les billes dans une gorge demi-circulaire en

(1) Extrait en partie de l'*American Machinist* du 25 octobre 1900.

acier trempé, sur laquelle elles portent par trois points, et alimentée par une trémie, où cette gorge les retourne, pour les reprendre à nouveau jusqu'à la fin du dégrossissage. L'anneau qui forme l'extérieur de cette gorge, appuyé sur les billes par des

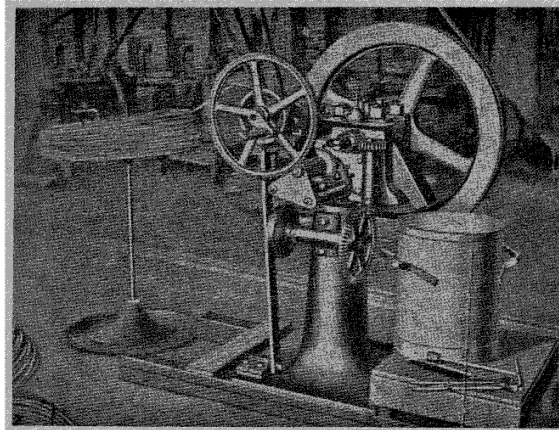


Fig. 2. — Coupeuse. Ensemble.

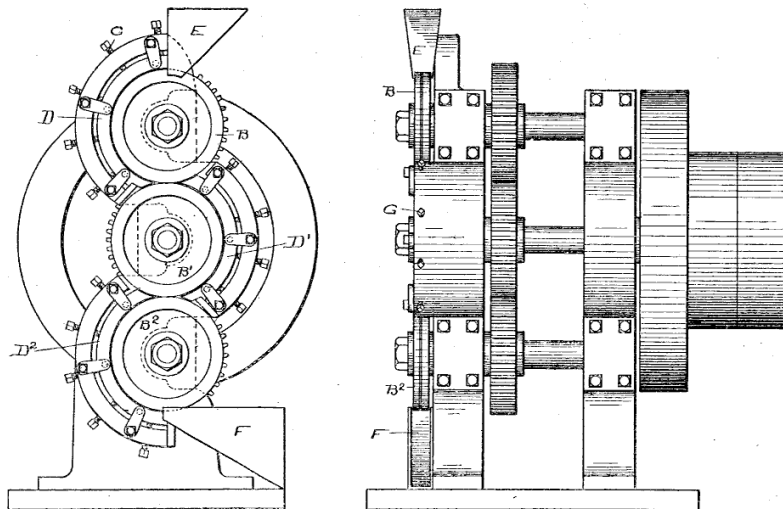


Fig. 3 et 4. — Forgeuse *Hill*. Vue par bout et élévation.

ressorts B, roule, entraîné par elles; la partie fixe de la gorge est inclinée à 60° sur l'axe de la meule et imprime ainsi aux billes un pivotement autour de leur diamètre de poussée parallèle à cet axe. Les billes sont constamment arrosées d'eau, ce qui permet de leur enlever sans échauffement environ 2 kilogrammes d'acier par heure.

La trempe des billes dégrossies s'opère ensuite automatiquement en leur faisant traverser des mouffles tournants de 0^m,90 de long sur 115 millimètres de diamètre, en fonte, et pourvus à l'intérieur d'une gorge hélicoïdale d'un pas de 60 millimètres, qui saisit les billes, leur fait traverser le moufle avec une vitesse réglable, et les pousse

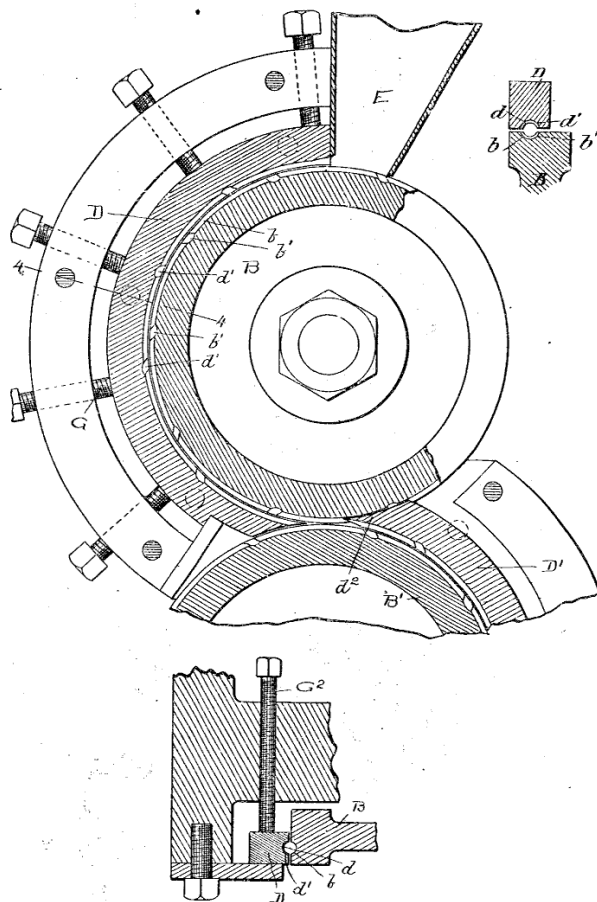


Fig. 5, 6 et 7. — Forgeuse Hill. Detail d'un cylindre.

dans un tube plongé dans l'eau froide. Quand ce tube est rempli de billes refroidies, on le retire de l'eau, et on le vide dans les trémies des meules finisseuses.

Chacune de ces petites machines se compose de deux plateaux en fonte B, B (fig. 9 et 19) de 430 millimètres de diamètre et de 30 millimètres d'épaisseur, pourvus chacun de gorges *b* (fig. 14), en V à 90°, correspondant à celles du plateau tournant B', et d'une trémie *b'* (fig. 9 et 13), coupant ses rainures, et par où l'on charge les billes. L'écartement de ces plateaux est réglé avec une certaine élasticité par les écrous

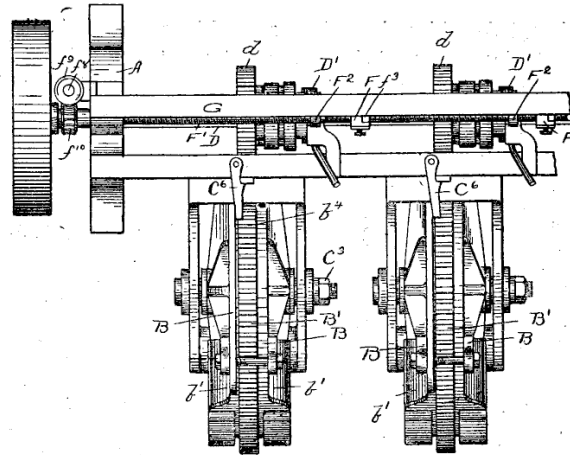


Fig. 10. — Meule finisseuse Hill. Plan.

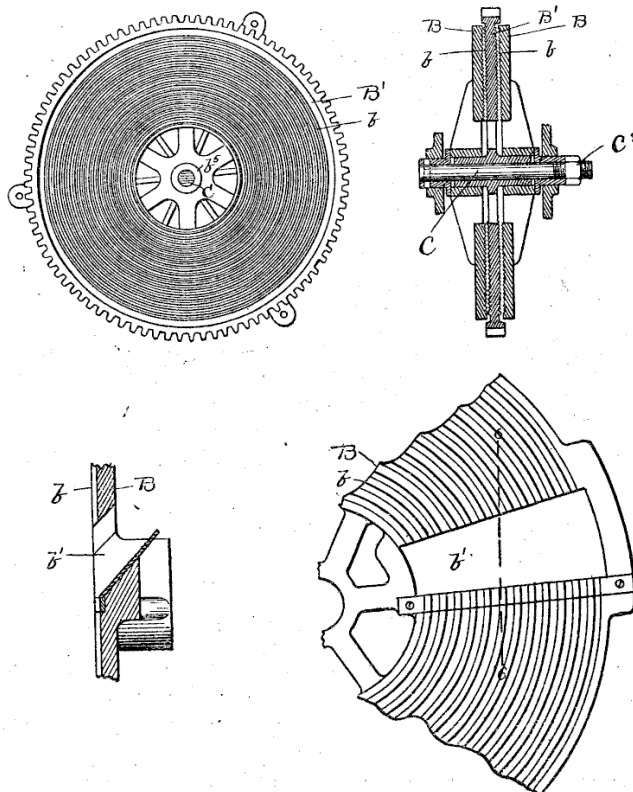


Fig. 11 à 14. — Meule finisseuse Hill. Détail d'un plateau.

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Novembre 1900.

Après avoir chargé de billes l'une de ces machines sur le râtelier fig. 18, ce qui s'opère en lui faisant faire quatre ou cinq tours lentement de manière à remplir de billes toutes les rainures, on la porte au banc fig. 20, sur lequel on la fixe au pivot C_5 (fig. 10)

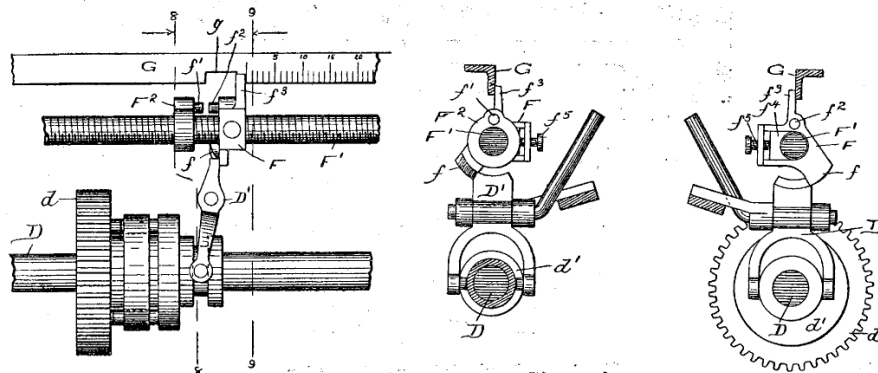


Fig. 15, 16 et 17. — Meule finisseuse Hill. Détail de l'arrêt. Élévation. Coupes 8 et 9.

et par le verrou C_6 , où les plateaux B sont commandés par des pignons d (fig. 15) embrayés par D' sur l'arbre D (fig. 9) et qui, au bout d'un temps fixé par la position du toc F sur la vis F' , se débrayent automatiquement. A cet effet, dès que la corne f_2 (fig. 15)

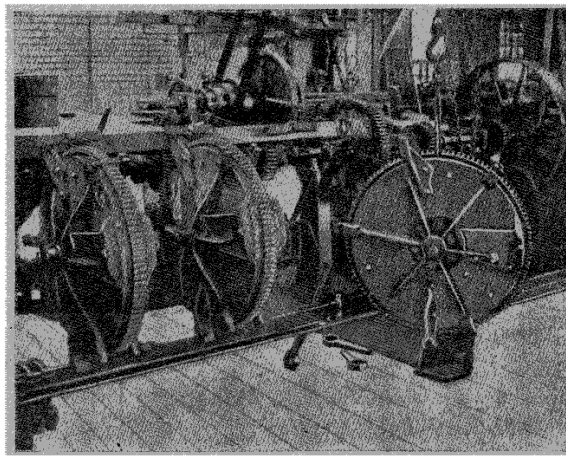


Fig. 18. — Meules finisseuses Hill, dont une sortie du râtelier.

de F quitte la règle C , qui l'empêche de tourner, son taquet f_2 vient en prise avec celui f' du toc F_2 , calé sur F' , qui l'entraîne dans sa rotation ainsi que sa came f , laquelle fait alors basculer F' de manière à débrayer d . La vis F' est commandée, de D , avec une réduction de 200, par le train $f_6 f_7 f_8 f_9 f_{10}$ (fig. 9). Le banc fig. 20 porte 18 machines : 9 de chaque côté, et livre 225 000 billes en dix heures. Le finissage dure sept à dix heures, avec de la poudre d'émeri empâtée dans de l'eau de savon sans huile.

Chacune des billes, au passage de la trémie *b'*, quitte sa rainure pour tomber sur le tas de billes de la trémie, puis dans une autre rainure, d'autant plus tard qu'elle est plus

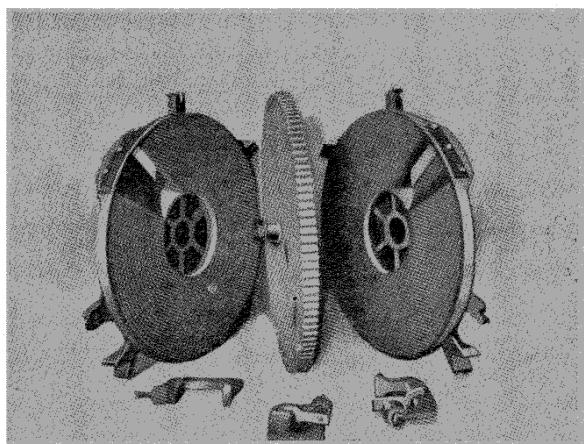


Fig. 19. — Meule finisseuse *Hill* démontée.

grosse, les petites billes s'insinuant plus facilement, mais aussi son rodage est plus actif, sans pour cela fausser les rainures, comme cela aurait lieu si elle restait toujours dans la même gorge au lieu de passer de l'une à l'autre. Le plateau mobile *B'* fait 75 tours

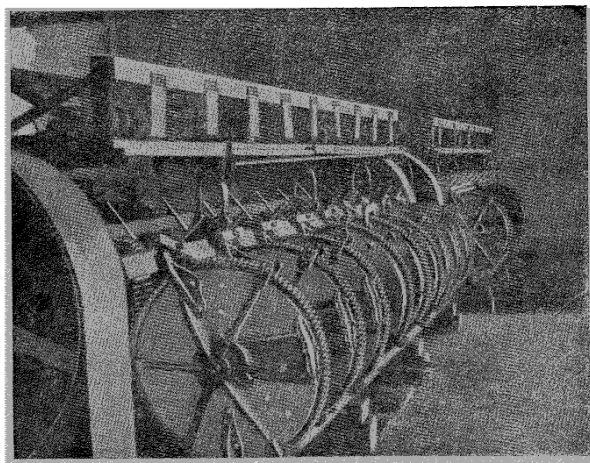


Fig. 20. — Meules finisseuses *Hill* en travail.

par minute et reçoit, de chaque côté, 18 000 billes de 3 millimètres de diamètre; ces billes roulent à la vitesse de 30 000 tours par minute et se mêlent, à chaque tour de *B'*, à la multitude des autres billes : il est donc infiniment probable que chacune des billes parcourt plusieurs fois toutes les rainures des plateaux, dont les défauts se com-

pensent ainsi de manière à assurer l'exactitude du rodage, garantie à un dix-millième de pouce ($\frac{1}{400}$ de millimètre).

Après ce finissage, les billes sont lavées, polies et examinées par des ouvriers à l'œil particulièrement exercé, seule opération qui ne puisse se faire automatiquement.

FABRICATION DES CONVEYEURS HÉLICOÏDAUX (1)

Ces conveyeurs, du type bien connu représenté sur la figure 25, étaient autrefois constitués par des disques percés d'un trou en leur centre, forgés en spirale comme en figure 21, rivés l'un à l'autre, puis enfilés et fixés sur un tube qui formait l'axe du conveyeur. On perdait ainsi près du tiers de la tôle dont on découpait ces disques; leurs recouvrements aux rivures nuisaient au glissement de matières convoyées : grains,



Fig. 21.

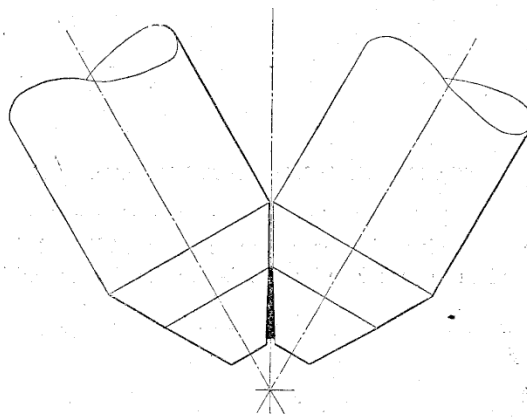


Fig. 22.

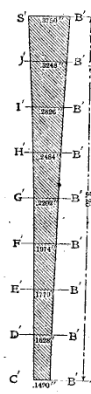


Fig. 24.

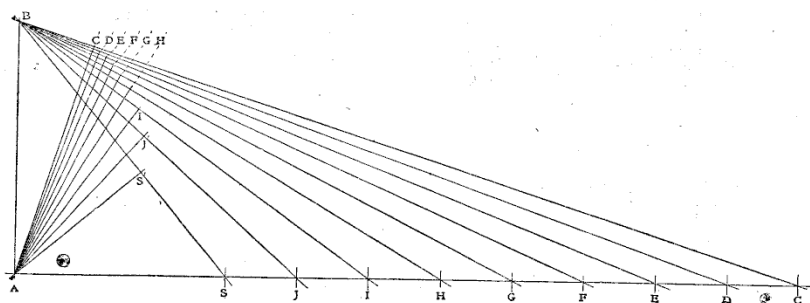


Fig. 23.

farines, sables, etc., et les têtes des rivets s'usaient rapidement en lâchant leurs rivures.

La machine de M. *Caldwell* permet de constituer ces conveyeurs d'une seule lame

(1) Extrait en partie de *l'American Machinist* du 25 octobre 1900.

enroulée en hélice en partant d'une bande de fer convenablement laminée par des galets coniques (fig. 22) dont la conicité est déterminée comme il suit :

Soient (fig. 23) AC le développement de la circonférence extérieure de l'hélice, AS celui de sa circonférence intérieure, AB son pas, la longueur d'un pas sera de BC à la périphérie de l'hélice, de AS à l'intérieur, ou sur la tige du convoyeur, et de BJ, BH..., aux rayons AJ, AI, AH..., de l'hélice. Si l'on mène, du point A, les perpendiculaires AS' AI' AJ'... aux lignes BS, BJ, BI..., les épaisseurs de la bande laminée, aux différentes circonférences AS, AI, AJ..., devront, pour que son laminage hélicoïdal s'effectue sans

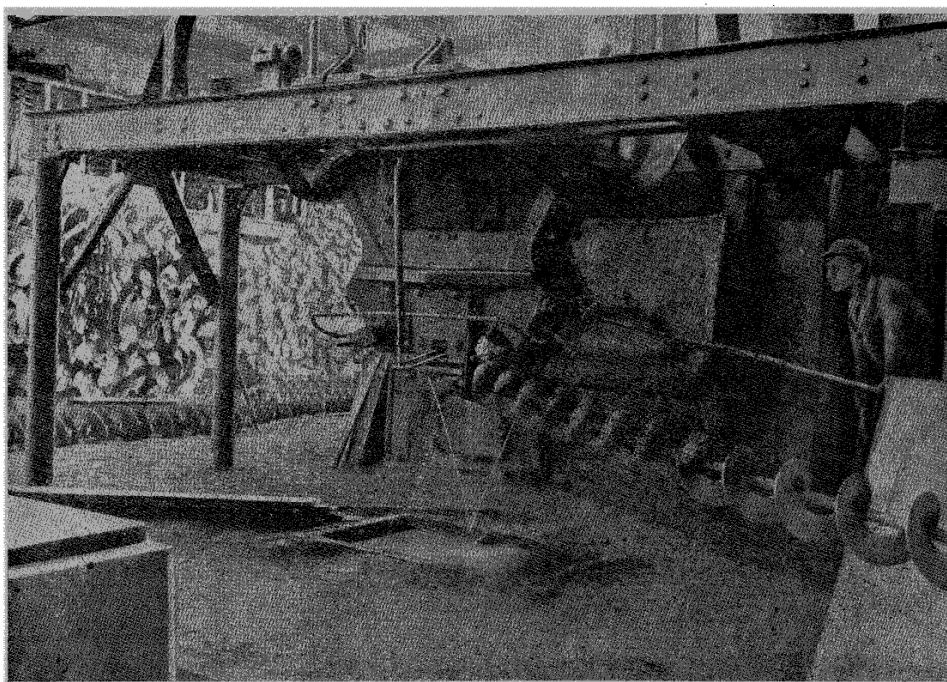
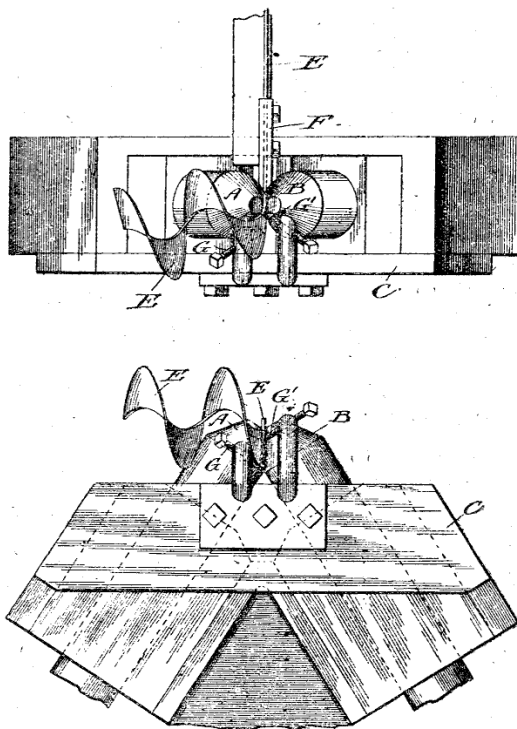
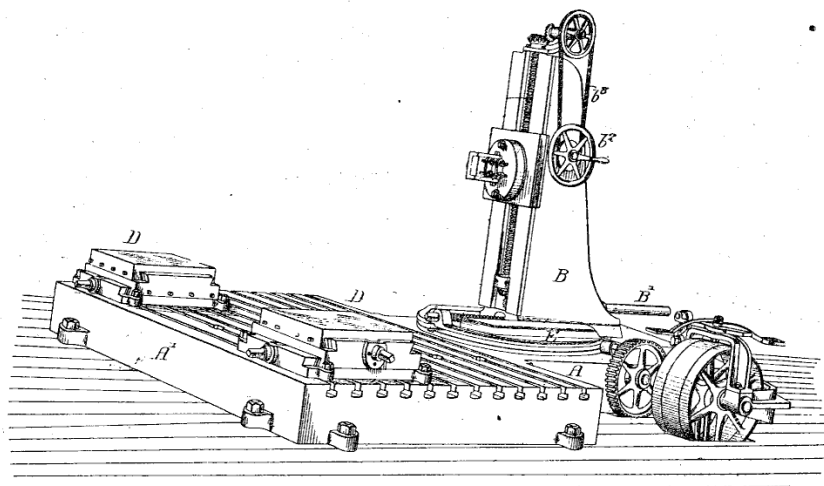


Fig. 25. — Lamineur *Caldwell* en marche.

glissement, être proportionnelles à BS', BI', BJ'..., c'est ainsi qu'a été tracé le profil fig. 24 et celui des cônes (fig. 22) auxquels il suffit d'amener la bande par des guides convenablement disposés pour lui donner le pas à droite ou à gauche.

La bande de tôle E (fig. 25 à 27) dont on lamine ainsi l'hélice du convoyeur, guidée en F sur les cônes A et B, en sort, appuyée sur G par le guide G', constitué, comme G, par une tête de vis qui la prend tangentiellement à sa sortie ; ces guides, qui ne sont pas indispensables puisque la conicité seule de A et de B détermine la spirale, assurent néanmoins l'uniformité de son pas, et, comme nous l'avons dit, en déterminent le sens, à droite ou à gauche. On peut ainsi laminer des hélices de 75 à 600 millim. de diamètre, avec moyeux de 25 et 85 millim. de diamètre : épaisseur allant jusqu'à 10 millim. ; ce pas est ordinairement égal au diamètre extérieur. Longueur, 2^m,50 à 3^m,60.

Fig. 26 et 27. — Lamineur *Caldwell*. Détail des cônes.Fig. 26. — Raboteuse radiale *Newton*. Ensemble.

RABOTEUSE RADIALE *Newton.*

Cette machine a pour objet le rabotage exact des surfaces cylindriques.

La pièce à travailler, par exemple, le châssis des cylindres d'une locomotive indiqué

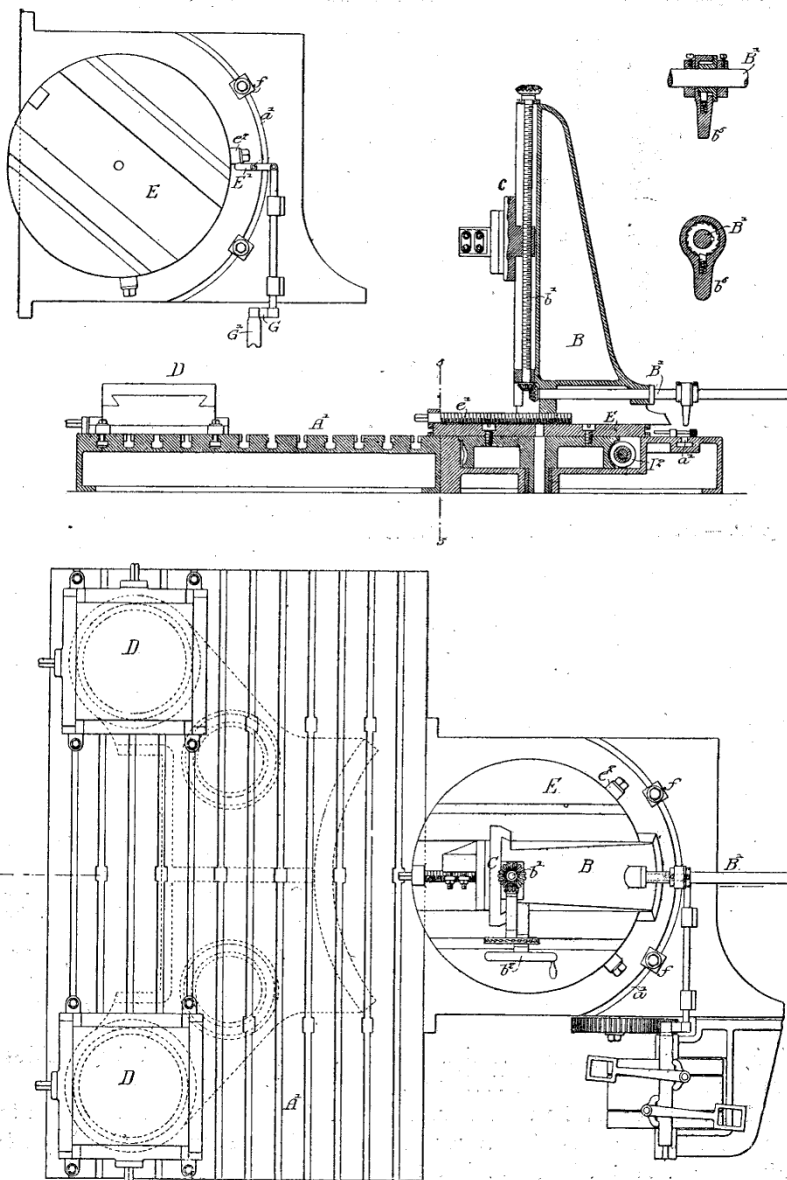


Fig. 27-34. — Raboteuse radiale *Newton*. Coupe verticale, plan, détails du plateau E, et du cliquet B₂.

en pointillés fig. 31, repose sur la table A' et les plateaux DD des chariots compound d_1 , faciles à régler.

La colonne B du chariot porte-outil C repose sur un plateau circulaire E, sur lequel elle peut s'ajuster par la vis e' (fig. 27). La levée du chariot C est commandée à la main

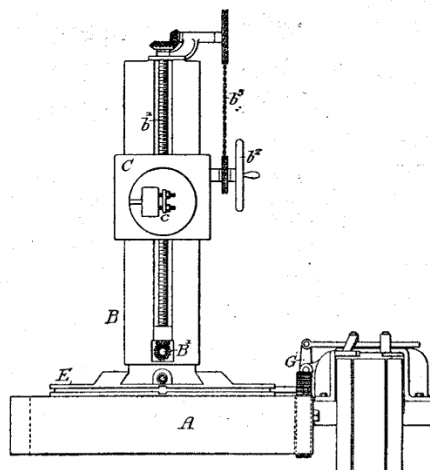


Fig. 32. — Raboteuse radiale Newton. Élévation.

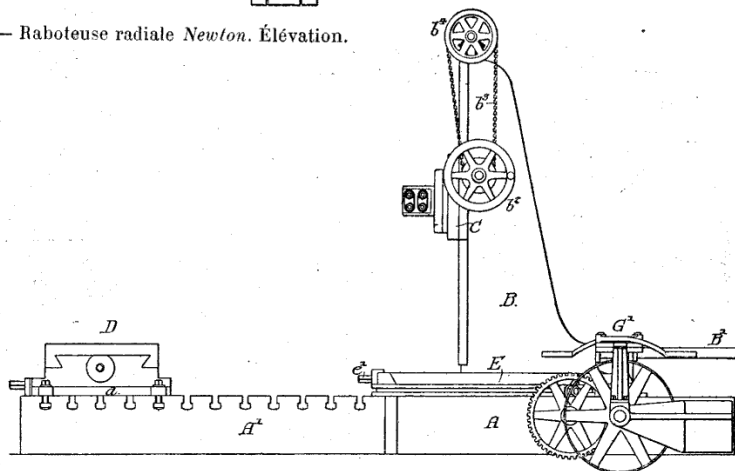


Fig. 33. — Raboteuse radiale Newton. Vue par bout.

par $b_2 b_3 b_4$ (fig. 32) et son avance verticale par la butée sur les tocs f, f , ajustables dans a' (fig. 31) du rochet b_5 (fig. 8) de l'arbre B'.

La rotation du plateau E est commandée, de la vis sans fin I_2 (fig. 27), par un train à poulies réversibles par courroie ouverte et croisée, dont la fourche est actionnée par le toc ajustable e_2 de E et le renvoi E, G G (fig. 32 et 33).

Cette machine, très simple et susceptible de nombreux emplois, est construite par la *Newton machine Tool Co*, Philadelphie.

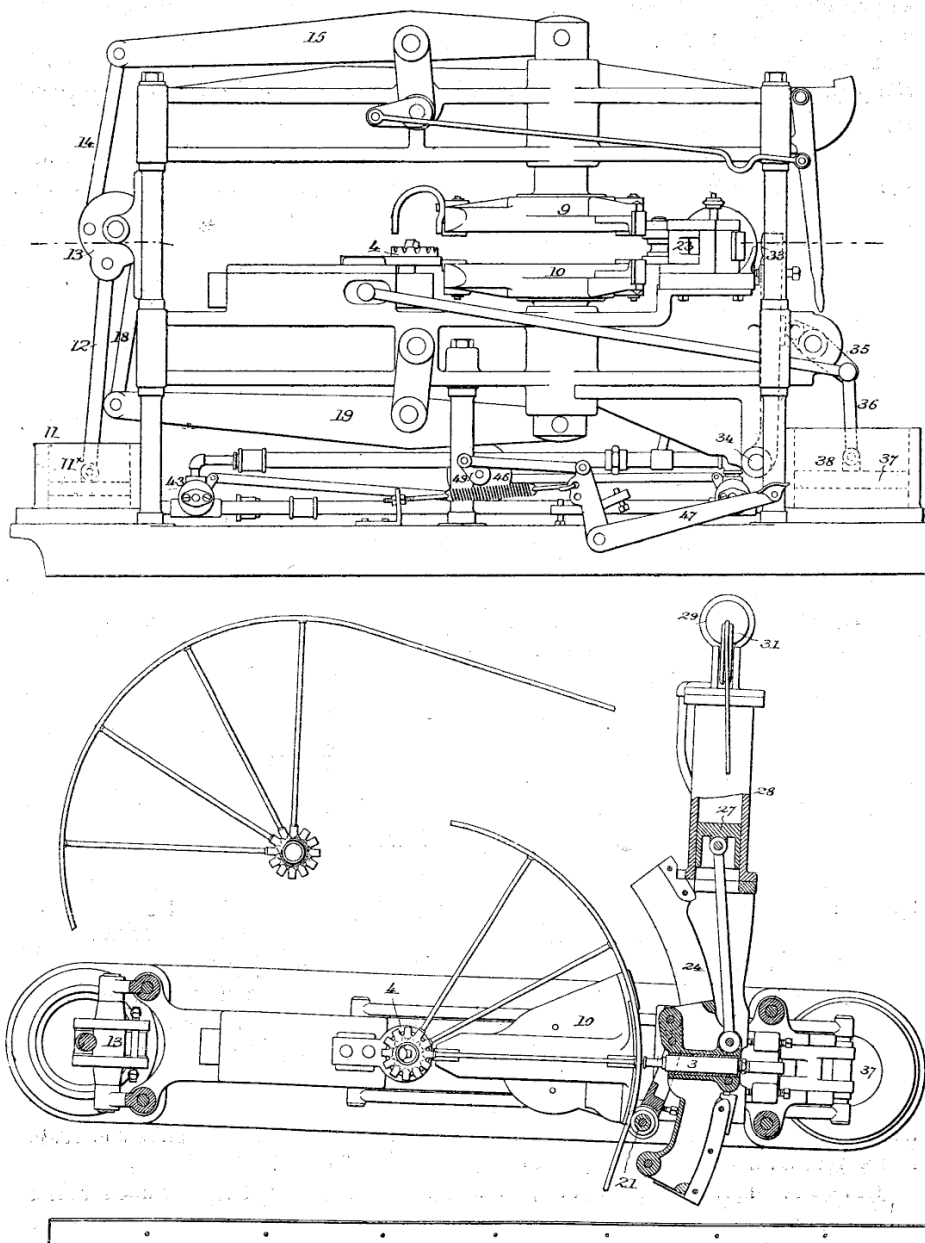


Fig. 34-37. — Machine *Einfeldt* pour fabriquer les roues en fer. Élévation. Plan-coupe par le cylindre 28 ; détail d'une jante et de son enroulement.

MACHINE *Einfeldt* A FABRIQUER LES ROUES EN FER

Le fonctionnement de cette machine, construite par la *Bettendorf Metal Wheel Co*, d'Iowa, est facile à suivre sur les figures 34 à 38.

Les rais étant fixés au moyeu disposé en 4 (fig. 38), on admet l'eau en pression sous le piston 11 (fig. 34) qui, par les renvois 12, 13, 14, 15 et 13, 18, 19, serre les mâchoires

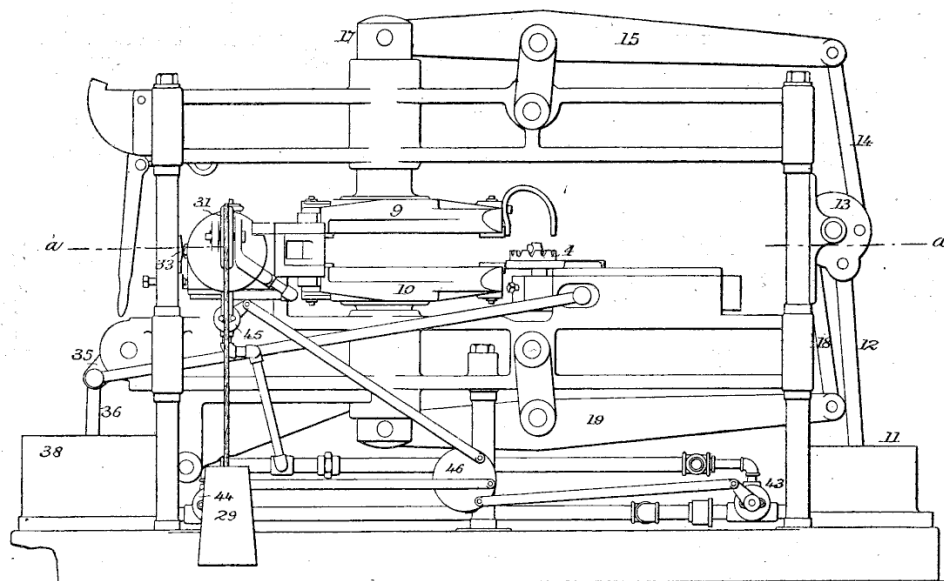


Fig. 38. — Machine *Einfeldt*. Élévation.

9 et 10 sur le rais, dont l'extrémité se trouve engagée (fig. 35) dans l'un des trous de la bande destinée à former la pointe.

On admet alors l'eau sous pression au cylindre horizontal 28 (fig. 35), dont le piston repousse 3 sur la glissière 24, concentrique à 4, de manière que son galet 21 courbe la jante comme en fig. 35, en amenant au droit du rais le riveur 3. Ce riveur est alors avancé par l'admission de l'eau sous le piston 37 qui (fig. 34), par 36, 35, repousse le levier 33, pivoté en 36.

La rivure faite, on ouvre à l'échappement le cylindre 28, dont le piston est ramené à sa position par le contrepoids 29 et sa corde 31 ; on ouvre les mâchoires 9 et 10, et l'on avance un nouveau rais en position (fig. 35), et ainsi de suite, jusqu'à la fin de l'enroulement et du rivetage de la jante, dont on assemble les extrémités d'une manière quelconque.

Les robinets 43, 44, 45 de distribution de l'eau aux cylindres 11, 28 et 38 sont commandés, de la pédale 47 (fig. 34), par le renvoi 46-49, qui admet l'eau successivement à 11, 28 et 38, à mesure qu'on abaisse la pédale.

LIGNES SUPERFICIELLES APPARAISSANT DANS LE SCIAGE DES MÉTAUX

Note de **M. Ch. Frémont** (1).

Quand on scie des métaux laminés ou simplement coulés, tels que le fer, les aciers de toutes nuances, la fonte, le cuivre, le laiton, le bronze, etc., il apparaît, sur les deux faces résultant de ce sciage, des lignes autres que celles qui sont occasionnées par le trait de scie.

Parfois le relief de ces lignes est sensible au toucher; leur largeur et leur écartement sont variables. Elles apparaissent d'autant plus nettement qu'on les regarde sous une lumière incidente.

Des lignes analogues se voient aussi dans d'autres opérations mécaniques des métaux, notamment dans le rabotage.

Les lignes de sciage sont parallèles entre elles et aux profils des deux bords opposés tra-

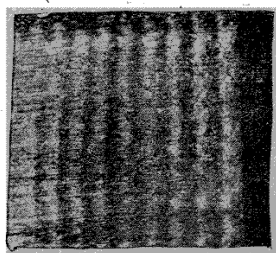


Fig. 39.

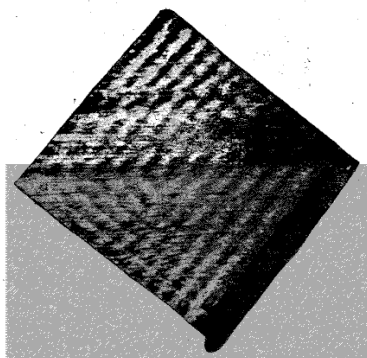


Fig. 40.

versés par la scie. Les choses se passent comme si les deux profils étaient transportés par le sciage parallèlement à eux-mêmes, à des intervalles déterminés et constants.

Quand les bords opposés dont elles reproduisent le profil sont deux lignes parallèles, comme dans une barre à section carrée ou rectangulaire, et que le sciage est effectué suivant une direction parallèle à deux des côtés opposés (fig. 39), il n'y a qu'un seul système de lignes : ce sont des droites parallèles, ayant alors le maximum de largeur.

Si le sciage est effectué dans la même barre suivant une diagonale de la section rectangulaire, le profil attaqué par le trait de scie est un angle droit; il y a alors deux systèmes de lignes (fig. 40).

Si la barre est triangulaire, il y a deux systèmes de lignes parallèles aux deux côtés du triangle inclinés par rapport au trait de scie.

Si la barre a pour section un triangle superposé à un rectangle (fig. 41), on retrouve les deux systèmes de lignes suivant la même loi.

Quand la barre est cylindrique (fig. 42), les deux systèmes de lignes sont composés d'arcs de cercle.

Quand le profil est complexe, c'est-à-dire composé d'arcs, de lignes droites ou brisées, etc. (fig. 43), les deux systèmes de lignes sont toujours des parallèles aux profils des bords attaqués par le trait de scie.

Il est à remarquer que les deux systèmes de lignes, venant des bords opposés, vont l'un

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 novembre 1900.

vers l'autre : que les lignes se rencontrent, se coupent et se dépassent; aussi, il se voit parfois, près d'un des bords du morceau de métal scié, les traces des lignes provenant du bord opposé.

Quand les bords opposés sont asymétriques, les deux systèmes de lignes paraissent s'affaiblir en se rencontrant.

Il peut y avoir, dans certains cas, un troisième système de lignes : ainsi, dans la figure 44,

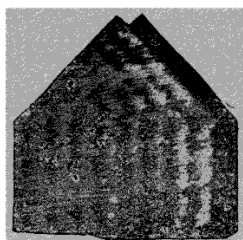


Fig. 41.

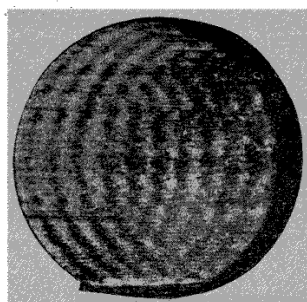


Fig. 42.

représentant le sciage d'une barre à section carrée sciée suivant la diagonale, on voit, en plus des deux systèmes de lignes constatés figure 40, un troisième système produit par un mouve-

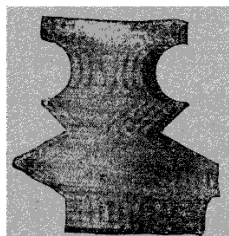


Fig. 43.

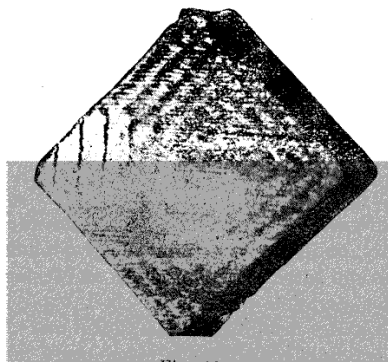


Fig. 44.

ment vibratoire supplémentaire occasionné, semble-t-il, par un serrage élastique de la barre pendant l'opération du sciage.

Ces lignes sont différentes des lignes de Lüders, car elles sont constantes, régulières, géométriques et de forme déterminée, obéissant toujours à cette même loi d'être parallèles aux profils des bords attaqués par le trait de scie.

Ces lignes semblent représenter des ondes résultat d'un mouvement vibratoire.

PROCÈS-VERBAUX

Séance générale du 26 octobre 1900.

Présidence de *M. Carnot*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part de la perte douloureuse que la Société a éprouvée en la personne de *M. Natalis Rondot*, membre honoraire du Comité de Commerce, décédé le 26 août dernier. Il donne lecture de la lettre suivante, adressée à *M. Richard* par *M. Howe*, l'éminent métallurgiste américain, lauréat de la Société d'Encouragement :

MONSIEUR,

Selon la correspondance que j'ai eue avec *M. Carnot*, j'ai l'honneur de vous envoyer ci-joint mon chèque 2500 francs, en vous priant de vous en servir, comme agent général de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, en vue d'un prix, et je laisse à votre discrétion la manière de vous en servir. En même temps que je vous laisse toute liberté, je sou mets à votre considération le sujet suivant :

« Un travail utile à l'étude scientifique de la métallurgie du fer, consacré de préférence à « la découverte d'un nouveau composé de l'acier ou d'un autre alliage du fer, ou à des perfectionnements dans les moyens d'identifier les composés microscopiques déjà connus dans les « alliages du fer. »

M. le Président renouvelle à *M. Howe* les vifs remerciements qu'il lui a déjà adressés au nom de la Société d'Encouragement.

M. B. H. Brough, secrétaire de l'*Iron and Steel Institute*, remercie, au nom du Bureau de cette institution, la Société d'Encouragement de l'hospitalité qu'elle lui a accordée pour son meeting de 1900.

M. Haton de la Goupillière, président du *Congrès international des mines et de la métallurgie* de 1900, remercie la Société d'Encouragement de l'hospitalité qu'elle a libéralement accordée à ce Congrès.

M. R. Schanzer envoie son mémoire sur les *rupture des arbres d'acier*, présenté à l'*Institution des Naval Architects*, et dont il a été donné un résumé au *Bulletin* de mai 1900.

M. Borde d'Espoey, 13, rue de l'Échaudé-Saint-Germain, soumet à l'appréciation de la Société un appareil pour *préserver les vignes des gelées*. (Agriculture.)

M. J. Callenstein, 102, rue Oberkampf, demande l'aide de la Société pour l'exploitation d'un brevet de carrosserie. (Agriculture.)

M. Bacquart-Chopin remercie la Société de l'annuité de brevet qui lui a été accordée.

M. A. Lamard, 3, passage des Haies, demande une annuité de brevet pour un *moteur à vent*. (Arts mécaniques.)

M. Alexandre, 47, rue de Bretagne, demande l'appui de la Société pour l'exploitation de plusieurs brevets de mécanique. (Arts mécaniques.)

M. Jules Ménétrier, 39, rue de Ramponneau, demande une annuité de brevet pour un *système de navire*. (Arts mécaniques.)

MM. Tessier et Nègre, à Uzès, présentent leurs *cornues à gaz ondulées*. (Arts chimiques.)

M. O. Sas, 25, rue d'Auteuil, présente un *appareil de sauvetage*. (Arts mécaniques.)

M. Biscarel, 5, rue de l'Eperon, présente un *verseur automatique*. (Arts économiques.)

M. J. Digeon, 15, rue du Terrage, présente l'ensemble de ses travaux de mécanique. (Arts mécaniques.)

M. Burliart, contremaître mécanicien à la manufacture de l'État à Saintines, présente un *appareil protecteur pour scies circulaires*. (Arts mécaniques.)

M. Mine, consul de la République Argentine, à Dunkerque, présente un ouvrage sur le *trafic du port de Dunkerque*. (Commerce.)

MM. L. Mahl et C.-H. de Nittis présentent leur *chaudière oléothermique*. (Arts mécaniques.)

M. Gruet, 68, rue Bonaparte, présente un *block-system automatique*. (Arts mécaniques.)

M. A. Jannin, 208, rue de Grenelle, présente des *appareils de sauvetage et pour éviter les collisions des navires*. (Arts mécaniques.)

M. Th. Garelle, 273, rue Gambetta, à Lille, présente un mémoire sur l'*amélioration du sort du marin-pêcheur*. (Commerce.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés aux pages 583 à 586 du *Bulletin* d'octobre.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. H. Lavollay, ingénieur chimiste à Taverny, présenté par *M. Lauth*;

MM. Rocca, Tassy et de Roux, fabricants d'huiles à Marseille, présentés par *M. Milliau*;

M. Pierrotet, 8, rue Monsieur-le-Prince, présenté par *MM. Moissan et Carnot*.

M. E. Simon attire l'attention de la Société sur un procédé d'*émailage mécanique* de *M. A. Dormoy*, dont l'examen est renvoyé au Comité des Arts chimiques.

M. Buquet lit sa notice nécrologique sur *M. Jordan*, membre du Comité des Arts chimiques. (*Bulletin* d'octobre, p. 426.)

RAPPORT DES COMITÉS. — Sont lus et approuvés les rapports suivants :

Au nom du Comité des Arts chimiques : Rapport de *M. H. Le Chatelier* sur le *tube broyeur Dana* (*Bulletin* d'octobre, p. 449);

Au nom du Comité des Arts mécaniques : Rapport de *M. E. Simon*, sur les travaux de *M^{me} V^{ve} Restignat* (*Bulletin* d'octobre, p. 446);

Au nom de la Commission des fonds et au nom des Censeurs : Rapport de *MM. Daubrée* et *E. Simon* sur l'exercice 1899 (*Bulletin* d'octobre, p. 429).

COMMUNICATION. — *M. Guillaume* fait une communication sur la production directe de l'alcool bon goût par ses appareils de distillation.

M. le Président remercie *M. Guillaume* de son intéressante communication, dont l'examen est renvoyé au Comité des Arts chimiques.

Séance du 9 novembre 1900.

Présidence de *M. Carnot*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Géant, 7, rue Corbeau, demande une annuité de brevet pour un appareil destiné à empêcher les vols dans les voitures. (Arts économiques.)

M. Dugast présente, pour concourir au prix d'Agriculture, deux ouvrages sur l'Agrologie et la Viticulture en Algérie.

M. P. Bernard, 27, rue Delambre à Amiens, présente un mémoire sur l'Alimentation du bétail. (Agriculture.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 695 du *Bulletin* de novembre.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Au nom du Comité des Arts mécaniques, *M. E. Sauvage* présente ses rapports :

1° Sur la réunion tenue le 20 octobre à Zurich par le Congrès international pour l'unification des filetages, à laquelle *M. Sauvage* avait été délégué pour représenter la Société d'Encouragement, et qui a fixé les règles à suivre pour l'ouverture des clefs et les dimensions des écrous du système international (voir p. 671 du présent *Bulletin*).

2° Sur la Distribution pour locomotives, de *M. P. Guédon*.

DÉCLARATION D'UNE VACANCE. — Au nom du Comité de Mécanique, *M. Linder* déclare l'ouverture d'une vacance en suite du décès de notre très regretté collègue *M. Polonceau*.

COMMUNICATION. — *M. Arachequesne* fait une communication sur le Critérium de l'alcool : course des automobiles du 28 octobre 1900.

M. le Président remercie *M. Arachequesne* de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité de Mécanique.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

COURS PUBLICS ET GRATUITS DE SCIENCES APPLIQUÉES AUX ARTS

ANNÉE 1900-1901

Géométrie appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. A. LAUSSEDAT, professeur. M. P. HAAG, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Lundi 3 novembre.

Géométrie de la sphère. — Globe céleste et planisphères. — Étude des phénomènes astronomiques. — Instruments d'observation. — Mesure du temps. — Cadres solaires, horloges et chronomètres. — Calendrier. — Photographie et spectroscopie célestes. — Applications de l'astronomie à la géographie et à la navigation.

Géométrie descriptive. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. E. ROUCHÉ, professeur. Le cours ouvrira le Lundi 3 novembre.

La perspective cavalière, la charpente et la statique graphique.

Mécanique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. HIRSCH, professeur. Le cours ouvrira le Lundi 3 novembre.

La Mécanique à l'Exposition de 1900. — Progrès généraux de la mécanique. — Générateurs et machines à vapeur. — Moteurs thermiques. — Machines hydrauliques. — Appareils divers.

Constructions civiles. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. J. PILLET, professeur. Le cours ouvrira le Lundi 3 novembre.

L'ART DANS LA CONSTRUCTION. PRINCIPES D'ARCHITECTURE. — I. *L'œuvre architecturale ; sa préparation, sa réalisation.* — La pensée ; la science ; l'art. — La phrasique ; l'organique ; la plastique.

II. *Études critiques.* — Murs et moulures. — Portiques et ordres. — Salles, plafonds et voûtes. — Escaliers. — Soubassements et attiques. — Combles et couronnements, etc.

III. *Principes de composition des édifices.* — Exemples divers.

Physique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis à neuf heures du soir. M. J. VIOLLE, professeur. Un avis ultérieur annoncera l'ouverture du cours.

Acoustique. — Mouvements vibratoires. — Production et propagation du son. — Intervalles musicaux. — Tuyaux sonores. — Cordes, verges, membranes, plaques, cloches. — Voix humaine. — Phonographe.

Optique. — Miroirs, prismes, lentilles. — Instruments d'optique. — Interférences. — Diffraction. — Polarisation. — Radiations diverses. — Photographie. — Photométrie.

Électricité industrielle. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. MARCEL DEPREZ, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Étude des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme au point de vue spécial de leur application à l'industrie. — Lois de la transmission de l'énergie sous toutes ses formes au moyen de l'électricité. — Appareils destinés à la mesure des grandeurs électriques. — Théorie générale des machines destinées à produire un courant électrique au moyen d'un travail mécanique ou inversement.

Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. E. JUNGFLEISCH, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Métaux. — Généralités sur les métaux; classification des métaux; combinaisons des métaux avec les métalloïdes et combinaisons salines; alliages. — Histoire particulière des métaux utiles: modes d'extraction, propriétés, combinaisons diverses, notions analytiques. — Applications industrielles des métaux et des combinaisons métalliques.

Chimie industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. E. FLEURENT, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 Novembre.

INDUSTRIES BASÉES SUR L'UTILISATION DES MATIÈRES ANIMALES. — I. *Emploi alimentaire.* — Viandes, poissons et œufs. — Composition et procédés de conservation. — Laiterie et fromagerie.

II. *Utilisation industrielle.* — Graisses animales: extraction. — Bougies et savons. — Industrie des peaux: tannerie, mégisserie et hongroyage, chamoiserie, etc. — Colles et gélatines. — Engrais animaux. — Déchets divers: os, laines, poils, etc.

Métallurgie et travail des métaux. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. U. LE VERRIER, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 novembre.

Procédés et appareils servant au travail des métaux: forgeage à la presse et au marteau, laminage, étirage, emboutissage, etc. — Machines-outils. — Construction des fours métallurgiques.

Chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la verrerie. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. V. DE LUYNES, professeur. Un avis ultérieur annoncera l'ouverture du cours.

Matières colorantes naturelles et artificielles: indigo, alizarine, méthodes de synthèse. — Étude chimique des fibres. — Teinture, impression. — Mordants, réserves, rongeurs. — Différents genres d'impression. — Papiers peints.

Chimie agricole et analyse chimique. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. TH. SCHLÆSING, professeur; M. TH. SCHLÆSING fils, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Atmosphère. — Étude des éléments de l'atmosphère intéressant la nutrition végétale. — Fermentations.

Sols. — Constitution des sols agricoles, propriétés physiques; phénomènes chimiques et microbiens dont les sols sont le siège. — Détermination de la composition des sols.

Analyse. — Méthodes gazométriques. — Analyse appliquée à diverses matières agricoles.

Agriculture. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. L. GRANDEAU, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 novembre.

L'Agriculture des deux mondes à l'Exposition universelle. — Étude des divers pays: superficie, population, régime de la propriété. — Répartition et modes des cultures principales. — Production. — Consommation. — Commerce. — Le bétail et ses produits.

Institutions agronomiques. — Enseignement agricole. — Associations agricoles, etc.

Progrès réalisés par l'agriculture. — Période décennale 1890-1900.

Filature et tissage. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. IMBS, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 novembre.

Tissus en armures unies et façonnées. — Tissus façonnés proprement dits. — Façonnés par armures, façonnés par couleurs. — Mise en carte. — Mécaniques Jacquard. — Cartons. — Velours unis, velours façonnés. — Gazes, tulles, dentelles. — Tricots de trame et de chaîne.

Économie politique et législation industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. E. LEVASSEUR, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 novembre.

Travail et Capital, les deux facteurs de la production de la richesse. — Force et matière. — L'homme: intelligence, art et science, éducation. — L'épargne et la capitalisation, les machines. — L'organisation du travail, liberté et association. — L'inventaire de la richesse.

Tome VI. — 99^e année, 5^e série. — Novembre 1900.

Économie industrielle et statistique. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. ANDRÉ LIESSE, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 6 novembre.

CIRCULATION DES RICHESSES. — *L'Échange* : Analyse des éléments généraux. — Le commerce. — Historique.

Conditions matérielles des échanges : Les débouchés. — Voies et moyens de transports. — Routes. — L'industrie des chemins de fer dans les principaux pays : organisation, exploitation, etc. — Les transports dans les villes. — Navigation intérieure et maritime. — Influence économique de la transformation des moyens de transport et de communication.

Art appliqué aux Métiers. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. L. MAGNE, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Rappel des principes de composition artistique : Le style moderne. — Exemples tirés du travail des métaux et du mobilier.

Travail de la terre : Poteries tendres et mates. — Faïences émaillées. — Grès. — Porcelaines. — Céramique architecturale.

Travail du verre : Verres soufflés, coulés, moulés. — Gobeletterie. — Verres colorés en masse et verres émaillés. — Vitraux. — Mosaïques.

Travail des tissus : Chaîne et trame. — Décoration par tissage des étoffes de costume et d'ameublement. — Damas, velours, décor par impression. — Broderie. — Dentelles. — Tapisseries de haute et basse lisse. — Tapis.

Décor du livre : Caractères. — Gravure sur bois et cuivre. — Enluminure. — Application des procédés de la photographie. — Reliure.

Histoire du travail. — Cours fondé par la ville de Paris. Les Mercredis, à sept heures trois quarts du soir, et Dimanches, à dix heures trois quarts du matin. M. G. RENARD, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Histoire sociale de la vapeur. — Applications qui en ont été faites, d'une part, aux chemins de fer et aux bateaux, d'autre part, au machinisme industriel et agricole. — Répercussions économiques, politiques, morales, artistiques, littéraires qu'elles ont eues jusqu'à nos jours.

Assurance et prévoyance sociales. — Cours subventionné par la Chambre de commerce de Paris. Les Samedis, à sept heures trois quarts du soir, et Dimanches, à neuf heures et demie du matin. M. L. MABILLEAU, professeur. Le cours ouvrira le Samedi 10 novembre.

Le problème des retraites ouvrières.

Droit commercial. — Les Mercredis, à neuf heures du soir. M. E. ALGLAVE, chargé de cours. Le cours ouvrira le Mercredi 7 novembre.

Les sociétés par actions. — Formes nouvelles de la propriété. — La mobilisation. — Transformation sociale. — Droits des actionnaires et des obligataires. — Les bourses et les opérations de bourse. — Leur rôle dans le monde nouveau.

Économie sociale. — Les Samedis, à neuf heures du soir. M. P. BEAUREGARD, chargé de cours. Le cours ouvrira le Samedi 10 novembre.

Caisses d'épargne : Leur organisation en France et à l'étranger ; questions actuelles.

L'Assurance : Principes de l'assurance, sociétés de secours mutuels, caisses de retraite, assurances contre les accidents, sur la vie, contre le chômage forcé.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN NOVEMBRE 1900

Du commissariat de la Grande-Bretagne à l'Exposition de 1900. Women of Canada et La province de Québec.

Du commissariat de l'Autriche. Catalogue des sections autrichiennes, 12 vol. in-18, illustrés.

Du commissariat de Russie. L'Économie sociale à la section russe. La Russie extra-européenne et polaire, par M. de Semenov. *La Russie à la fin du XIX^e siècle*, publiée sous la direction de M. de Kovalevsky.

Notice géologique et historique sur les bassins houillers du Pas-de-Calais et du Boulonnais, par MM. Fèvre et Cuvelette, ingénieurs des mines. In-8°, 14 pl., Arras, imprimerie Répessé-Crépel.

De l'Encyclopédie des travaux publics, de M. Lechallas. *Hydraulique*, par M. A. Flamant (2^e édition). In-8°, 660 p., 137 fig. Paris, Béranger.

Encyclopédie universelle des industries tinctoriales et des industries annexes. Fascicule 1. Introduction et plan général, par M. J. Garçon, chez l'auteur, 40 bis, rue Faber.

Recueil des données numériques publiées par la Société française de physique. Optique, par M. H. Dufet. 3^e fascicule, *Pouvoirs rotatoires. Couleurs d'interférences. Supplément*. In-8°, 800 p. Paris, Gauthier-Villars.

De M. E. Sauvage. Le Rothorn de Zinal. Extrait de l'annuaire du *Club Alpin français* et *Recent Locomotive Practice in France*. Extrait des comptes rendus de la *Société des Mechanical Engineers*, de Londres.

De M. R. H. Thurston. Sixteenth Annual Report of the Director of the Sibley College, 1890-1900.

Études agricoles sur le département de la Manche, par MM. G. Fasquelle et A. Follet. In-8°, 256 p. Saint-Lô, imprimerie Barbaroux.

Du ministère des Travaux publics. Album de statistique graphique de 1897-1899. In-4°, 23 pl. Imprimerie nationale.

Du ministère de l'Instruction publique. Bibliographie des travaux historiques et archéologiques, publiés par les *Sociétés savantes de la France*, par M. de Lasteyrie, vol. III, 2^e et 3^e livraisons. In-4^o, Imprimerie nationale.

Lettres de Catherine de Médicis, publiées par M. Baguenault de Puchesse, vol. VII, 1579-1581. In-4^o, 590 p. Paris, Imprimerie nationale.

Remontrances du Parlement de Paris au XVIII^e siècle, publiées par M. J. Flammermont. In-4^o, 810 p. Imprimerie nationale. *Œuvres complètes d'Augustin Cauchy*. 2^e série, vol. IV. In-4^o, 610 p. Paris, Gauthier-Villars.

De la Direction générale des Douanes. Tableau général du Commerce et de la Navigation. Année 1899, 1^{er} vol. *Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères*. In-4^o, 800 p. Imprimerie nationale.

De la Royal Society of Edinburg. Transactions. Vol. XXXIX, 2^e, 3^e et 4^e parties, 1897-99. Cf. *Proceedings*, vol. XXII, 1897-99, publié par R. Grant, 107. Princess st. Edinbourg.

Annuaire de la Société Philotechnique, année 1899. In-18, 216 p. Paris, Delagrave.

Bureau of Labor. Statistics of the State of New York, 1899. In-18, 1 260 p. Albany, J. B. Lyon.

La vinification dans les pays chauds, par M. Dugast. In-18, 281 p., 57 f. de la *Bibliothèque de la Revue générale des Sciences*. Paris, Carré et Naud.

De Paris aux mines d'or de l'Australie occidentale, par M. O. Chemin. In-18, 370 p. Paris, Gauthier-Villars.

A Text Book of Paper Making, par MM. Cross et Bevan. In-18, Londres, Spon.

Du ministère du Commerce, direction du travail. Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage pendant l'année 1899 et Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en 1899. Machines à vapeur, 2 vol. Imprimerie nationale. *Brevets d'invention*, vol. XCVIII. *Agriculture, Mines, Métallurgie, Arts chimiques, Habilement*.

De la Bibliothèque du conducteur de Travaux publics. Topographie, par M. E. Privot, et *Géologie et Minéralogie appliquées*, par M. H. Charpentier. 2 vol. in-8^o, 600 p. Paris, Dunod.

De la Bibliothèque de la Revue générale des Sciences. La Théorie des ions et l'Électrolyse, par M. A. Hollard. In-8^o, 153 p. Paris, Carré et Naud.

Du ministère de l'Agriculture et du Commerce d'Italie. Annuario statistico italiano (1900) In-8^o, 1150 p. Rome, Tipografia nazionale.

L'Institut Pasteur et ses services. In-18, 50 p. Paris, Faucan.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Octobre au 15 Novembre 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> . . . Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> . . . Revue générale des matières colo- rantes.
<i>Ac.</i> . . . Annales de la Construction.	<i>N.</i> . . . Nature (anglais).
<i>ACP.</i> . . . Annales de Chimie et de Physique.	<i>Pc.</i> . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AM.</i> . . . Annales des Mines.	<i>Pm.</i> . . . Portefeuille écon. des machines.
<i>AMa.</i> . . . American Machinist.	<i>Rcp.</i> . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
<i>Ap.</i> . . . Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rgc.</i> . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
<i>APC.</i> . . . Annales des Ponts et Chaussées.	<i>Rgds.</i> . . . Revue générale des sciences.
<i>Bam.</i> . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	<i>Ri.</i> . . . Revue industrielle.
<i>BMA.</i> . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>RM.</i> . . . Revue de mécanique.
<i>CN.</i> . . . Chemical News (London).	<i>Rmc.</i> . . . Revue maritime et coloniale.
<i>Cs.</i> . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rs.</i> . . . Revue scientifique.
<i>CR.</i> . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Rso.</i> . . . Réforme sociale.
<i>DoL.</i> . . . Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>RSL.</i> . . . Royal Society London (Proceedings).
<i>Dp.</i> . . . Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>Rt.</i> . . . Revue technique.
<i>E.</i> . . . Engineering.	<i>Ru.</i> . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
<i>E'</i> . . . The Engineer.	<i>SA.</i> . . . Society of Arts (Journal of the).
<i>Eam.</i> . . . Engineering and Mining Journal.	<i>SAF.</i> . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
<i>EE.</i> . . . Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> . . . Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> . . . L'Électricien.	<i>Sie.</i> . . . Société internationale des Électri- ciens (Bulletin).
<i>Ef.</i> . . . Économiste français.	<i>SiM.</i> . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
<i>EM.</i> . . . Engineering Magazine.	<i>SiN.</i> . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
<i>Es.</i> . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SL.</i> . . . Bull. de statistique et de légis- lation.
<i>Fi.</i> . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	<i>SNA.</i> . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
<i>Gc.</i> . . . Génie civil.	<i>SuE.</i> . . . Stahl und Eisen.
<i>Gm.</i> . . . Revue du Génie militaire.	<i>USR.</i> . . . Consular Reports to the United States Government.
<i>IC.</i> . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).	<i>VDI.</i> . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
<i>Ie.</i> . . . Industrie électrique.	<i>ZOI.</i> . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Ve- reins.
<i>Im.</i> . . . Industrie minérale de St-Étienne.	
<i>IME.</i> . . . Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	
<i>IoB.</i> . . . Institution of Brewing (Journal).	
<i>La.</i> . . . La Locomotion automobile.	
<i>Ln.</i> . . . La Nature.	
<i>Ms.</i> . . . Moniteur scientifique.	

AGRICULTURE

- Autruches* (Les). *Ag.* 18 Oct., 587.
- Betteraves.** Expériences de Capelle. *Ag.* 27 Oct., 672.
- Conservation des feuilles. procédé Wusterchagen. *Ag.* 10 Nov., 735.
- Blé et seigle*, prix de revient en Autriche et aux États-Unis (Grandeau). *Ag.* 1^{er} Nov., 641.
- Charbon symptomatique* du bœuf. *Ag.* 3 Nov., 702.
- Cultivateur* à dents à ressort. *Ag.* 27 Oct., 663.
- Crédit agricole mutuel. Concours Méline. *Ag.* 10 Nov., 729.
- Faucheuses automobiles* (Concours des). *Gc.* 3 Nov., 17.
- Génie rural* à l'Exposition. France. *Ag.* 18 Oct., 577.
- Grêle* (Tirs contre la). *Ag.* 20 Oct., 610.
- Herse américaine* Osborne. *Ag.* 20 Oct., 623.
- Laiterie danoise*. *Ag.* 18 Oct., 569.
- Luxembourg* (Excursion agricole dans le grand-duché du) (Grandeau). *Ap.* 25 Oct., 606.
- Maïs* (Le). *Ag.* 20 Oct., 619.
- Matériel colonial* à l'Exposition. *Ap.* 8 Nov., 697.
- Olives* (Huile d') de nos colonies africaines. *Ap.* 8 Nov., 686.
- Ramie* (Congrès de la). *Ap.* 18 Nov., 659, 692.
- Shorthorns en France*. Concours de Vincennes. *Ap.* 1^{er} Nov., 653.
- Sylviculture* à l'Exposition. *Ap.* 25 Oct., 610.
- Vigne.** Matériel vinicole à l'Exposition. *Ap.* 25 Oct., 613; 1^{er} Nov., 643.
- Moyens de combattre la cochenille (Laborde). *BMA. Sept.*, 373.
- Expériences de la Station œnologique du Gard en 1899 (Kayser et Barba). *BMA. Sept.*, 350.
- Sucrage des vins et cidres avant fermentation. *BMA. Sept.*, 392.
- Vins mousseux de Saumur. *Ap.* 8 Nov., 683.

CHEMINS DE FER

- Attelage automatique* Cridlan et Kirch. *E'*. 19 Oct., 395.
- Bandages.* Appareil à relever le profil. *Ln.* 10 Nov., 371.

- Chemins de fer autrichiens.** *Rgc. Oct.*, 610.
- État français en 1899. *Rgc. Oct.*, 604.
- de l'Uganda. *E'*. 19-26 Oct., 386, 410.
- à l'Exposition. Compagnie de l'Ouest. *Rgc.*, Oct., 529.
- *Electriques.* Locomotive de l'Allgemeine. *E.* 19 Oct., 491; d'usine à accumulateur. *SuE.* 1^{er} Nov., 1108.
- Chemins méridionaux d'Italie. *Elé.* 27 Oct., 264.
- Eclairage électrique des trains.* *Rt.* 25 Oct., 470.
- Locomotives** à l'Exposition. *E. M.* Nov. 247.
- Thuile. *lc. Sept.*, 330.
- pour la Nouvelle-Zélande. *E'*. 9 Nov., 468.
- État russe. *E.* 9 Nov., 597.
- Express compound du Sud italien. *E'*. 19 Oct., 396; 2 Nov., 433.
- Compagnie de l'Ouest. *Rgc. Oct.*, 537.
- Type Atlantic Philadelphia Reading. *E'*. 9 Nov., 461.
- Mallet. *RM. Oct.*, 510.
- Consolidation du Rio Grande. *RM. Oct.*, 503.
- articulée Hagans. *E.* 2 Nov., 577.
- Chaudière Strong. *RM. Oct.*, 514.
- Tender Henschell. *E.* 19 Oct., 500; Krauss. *Gc.* 27 Oct., 469.
- Compagnie de l'Ouest. *Rgc. Oct.*, 539.
- Explosion à Westerfield. *E'*. 19-26 Oct., 393, 411.
- reniflard Henderson. *RM. Oct.*, 515.
- Wagons-restaurant* Zypen et Charlier. *E.* 19 Oct., 497.
- -lit du Midland. *E.* 9 Nov., 595.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles** à l'Exposition. *E.* 20-26 Oct., 480, 521; 2 Nov., 552.
- Crise de l'industrie. *La.* 8 Nov., 717.
- Critérium de l'alcool. *La.* 1^{er} Nov., 712.
- Enregistreur de vitesse photographique Grammont. *Ln.* 3 Nov., 365.
- à pétrole Gobron-Brillié. *Pm. Oct.*, 154.
- — Gallet-Forest. *La.* 25 Oct., 690.
- — Wolseley. *E'*. 26 Oct., 421.
- — Delahaye, 14 chevaux. *La.* 8 Nov., 722.
- — Lufbery. *RM. Oct.*, 516.
- — Aigle (*Id.*), 519.

- Automobiles électriques.** Chariot de la raffinerie Say. *La.* 25 Oct., 692.
 — — à l'Exposition. *le.* 25 Oct., 455.
 — — en Italie. *EM.* Nov., 173.
 — — Station de Newport. *La.* 1^{er} Nov., 708.
 — — Concours de Berlin. *La.* 8 Nov., 726.
 — — Plate-forme de l'Exposition. *Rgc.* Oct., 595.
 — — à vapeur Le Montais. *La.* 1^{er} Nov., 706.
 — — Hershmann. *RM.* Oct., 522.
Locomotive routière à pétrole Coutant-Dufour. *RM.* Oct., 52.
Tramways (Congrès des). *EE.* 3 Nov., 194-203.
 — — électriques à courants triphasés de haute tension (Reichel). *EE.* 27 Oct., 161.
 — — avec moteurs à gaz, Orléans. *E.* 27 Oct., 525.
 — — joint Falk. *EE.* 3 Nov., 198.
 — — par accumulateurs. *EE.* 3 Nov., 198.
 — — Freins. *EE.* 3 Nov., 203.
 — — Composition de l'usine centrale. *EE.* 3 Nov., 197.
Vélocipèdes. Akatène Dunn. *RM.* Oct., 525.

CHIMIE ET PHYSIQUE

- Acétates d'alcool monovalent** (Delépine). *CR.* 22 Oct., 684.
Acétylène (flamme de l'). (Nichols). *Fi.* Nov., 356.
Air confiné. Régénération par le bioxyde de sodium (Jaubert). *CR.* 29 Oct., 715.
Alcool dénaturé. Rapport de la commission du ministère de l'Agriculture (Sorel). *BMA.* Sept., 337.
Arséniates ammoniacaux de cobalt (Duern). *CR.* 22 Oct., 675.
 — — de nickel (*Id.*), 29 Oct., 702.
Benzène. Formule de Kékulé. Nouvelle démonstration (Noelting). *Rep.* 3 Nov., 346.
Brasserie. Emploi des levures pures cultivées (Harris). *IoB.* Juin, 333.
 — — Contrôle scientifique des opérations du brassage (Duncau). *IoB.* Juin, 365.
 — — Détermination du pouvoir diastasique du malt (Ling). *IoB.* Juin, 355.
 — — Emploi du saccharomètre (Glendinning). *IoB.* Juin, 357.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 Oct., 916.
 — — Puits de la brasserie d'Ottakrungen, 201, 9 Nov., 695.
Brome. Indices de réfraction et de dispersion (Rivière). *CR.* 22 Oct., 671.
Caoutchouc en Rhodésie. *Cs.* 31 Oct., 943.
Camphre. Constitution du (Lapworth). *CN.* 26 Oct., 197.
Carbure de néodyme et de praseodyme (Moissan). *CR.* 15 Oct., 595.
Celluloses mercerisées (Vignon). *CR.* 29 Oct., 708.
Chaleur de combustion des liquides très volatiles et des composés iodés (Berthelot). *ACP.* Nov., 289, 296.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 Oct., 902.
 — — Machines à briques à l'Exposition. *E.* 19 Oct., 493.
 — — Scories de haut fourneau granulées (Lunge). *MS.* Nov., 769.
 — — Dosage de la chaux dans les scories de haut fourneau (*Id.*), 775.
 — — Décomposition des ciments à la mer (Le Chatelier). *Le Ciment.* Oct., 154.
 — — Effet de l'eau salée (Cooper). *MS.* Nov., 771.
 — — Emploi des silicates alcalins dans la fabrication des pierres artificielles (Fuchten). *MS.* Nov., 776.
Chimie. Évolution de 1880 à 1900 (Ladenburg). *Rep.* 20 Oct., 310.
Chlore liquide. Propriétés (Langé). *MS.* Nov., 777.
Distillerie. Appareil Colette Bodin. *E.* 27 Oct., 523.
Éléments nouveaux. *Rt.* 25 Oct., 464.
Équilibre chimique et dissociation (Stiegliber). *CN.* 2 Nov., 210.
Essences et parfums. Divers. *Cs.* 31 Oct., 923.
Explosifs (Stabilité des) et décomposition des éthers nitriques et de la nitroglycérine (Berthelot). *ACP.* Nov., 307.
 — — Divers. *Cs.* 31 Oct., 929.
 — — Recherches nouvelles (Mewer). *Société d'Encouragement de Berlin.* 1^{er} Oct., 255.
Farines. Analyse radiographique (Fleurent). *RCp.* 5 Nov., 359.
Fluor. Fabrication industrielle, appareil Moissan. *Elé.* 3 Nov., 273.
Gaz. Viscosité, effet de la température (Rayleigh). *Rso.* 26 Oct., 137.
Gaz d'éclairage. Lampes incandescentes.

- Les manchons (Lewes). *SA.* 19-26 Oct., 841, 853; 2 Nov., 865.
- Gaz.** Éclairage intensif du Champ-de-Mars et du Trocadéro. *Ge.* 10 Nov., 23.
- Huiles d'olives.** Conservation des tourteaux (Klein). *Cs.* 31 Oct., 913.
- Hydrogène atmosphérique, oxygène** (Gautier). *CR.* 22 Oct., 647.
- Action sur les sulfures d'arsenic (Pelabon). *ScP.* 5 Nov., 801.
- Industrie chimique allemande à l'Exposition** (Euverte). *Ryds.* 30 Oct., 1142.
- Iodure d'azote** (Chattanay et Orton). *CN.* 26 Oct., 199.
- Krypton** (Le) (Ladenburg et Krugel). *CN.* 2 Nov., 209.
- Laboratoire.** Analyse des fers et aciers. Bibliographie (Brearley). *CN.* 19-26 Oct., 185, 197.
- Acidimétrie. Nouvel indicateur, application au dosage des carbonates alcalins (Wolf). *ACP.* Nov., 419.
- Séparation et dosage du mercure comme oxalate (Peters). *CN.* 19 Oct., 192.
- Dosage du manganèse et du chrome dans les alliages de tungstène (Ibbotsom et Brearley). *CN.* 2 Nov., 209.
- — volumétrique du cuivre en oxalate. Séparation du cadmium. Arsenic, étain et zinc (Peters). *American Journal of Science.* Nov., 359.
- Molybdène, dosage dans le fer (Muker). *CN.* 26 Oct., 205.
- Modification des propriétés chimiques et physiques** des corps simples par addition de très petites proportions de substances étrangères (Le Bon). *CR.* 29 Oct., 706.
- Nitration directe de la série grasse** (Bouveault et Wahl). *CR.* 22 Oct., 687.
- Optique.** Télémètre Barr et Stroud. *N.* 18 Oct., 607.
- Estimation de la luminosité des surfaces colorées employées pour les disques colorés (Abney). *RSL.* 26 Oct., 118.
- Vitesse de la lumière (Perrotin). *CR.* 5 Nov., 731.
- Partie infra-rouge du spectre solaire (Langley). *CR.* 5 Nov., 734.
- Papier.** Bureau d'essai, *Ln.* 10 Nov., 379.
- Pétrole.** Divers. *Cs.* 31 Oct., 889.
- Lampe Kitson. *Ln.* 10 Nov., 371.
- Phosphore exempt d'arsenic, préparation** (Noelting et Feurstein). *Ms.* Nov., 752.
- Résines et vernis.** Divers. *Cs.* 31 Oct., 914.
- Sélénium allotropique** (Saunders). *CN.* 9 Nov., 227.
- Sélénures de cobalt** (Fonzes Déacon). *CR.* 29 Oct., 704.
- de fer (*Id.*). *ScP.* 5 Nov., 811.
- Sucrerie.** Canne à sucre, culture et fabrication du sucre dans l'Inde. *SA.* 9 Nov., 881.
- Sursaturations gazeuses physiques et chimiques** (Berthelot). *CR.* 22 Oct., 637.
- Tannerie.** Divers. *Cs.* 31 Oct., 915.
- Cuirs de poissons. *Id.* 916.
- Teintures.** Divers. *Cs.* 31 Oct., 890, 895.
- Indigo, essai et dosage de l'indigotine (Thomas). *Rcp.* 20 Oct., 1900.
- Mordançage du coton. *Cs.* 31 Oct., 898.
- Progrès des matières colorantes artificielles en 1899 (Suais). *Ms.* Nov., 732.
- Teinture de la laine. Théorie (Gillet). *MC.* 1^{er} Nov., 337.
- Couleurs produites sur la fibre par la nitrosodiméthylamine (Kurr). *MC.* 1^{er} Nov., 342.
- Blanchiment des fibres végétales (Tassel). *MC.* 1^{er} Nov., 347.
- Tellure.** Préparation (Norris, Fay, Edgerly). *CN.* 26 Oct., 201; 2 Nov., 214.
- Thermophores** (Les). *Rt.* 25 Oct., 462.
- Thermomètres.** Vitesse de mise en équilibre (Auzenat). *Ms.* Nov., 753.
- Verres.** Évaluation stoichiométrale (Zulkowski). *Cs.* 31 Oct., 901.
- Relation entre leurs propriétés électriques et leur composition chimique (Gray et Dobbie). *RSL.* 31 Oct., 197.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Allemagne.** Politique douanière. *Ef.* 10 Nov., 625.
- Associations ouvrières** de production et de consommation en 1900. *Ef.* 27 Oct., 565.
- (Relations mutuelles des différentes branches des) (Bellom). *Rso.* 1^{er} Nov., 673.

- Crédit agricole* (Sociétés de). Concours Méline. *Ag.* 3 Nov., 687.
- Entreprises industrielles des municipalités britanniques.* *Ef.* 27 Oct., 567.
- Épargne et formation des capitaux en France et en Prusse.* *Ef.* 20 Oct., 527.
- Guerre entre grandes puissances.* Conséquences politiques et économiques (Bloch). *Rs.* 27 Oct., 512.
- Industrie du fer en Russie.* *E.* 26 Oct., 539.
- Marchés à terme sur marchandises* (Les). *Ef.* 10 Nov., 632.
- Pays désertiques* (Avenir des) (Souleyre). *Rs.* 3 Nov., 545.
- Propriété industrielle.* Exploitation intensive des créations intellectuelles (Pesce). *Rs.* 27 Oct., 525.
- Russie.* Commerce extérieur depuis un siècle. *Ef.* 3 Nov., 597.
- Socialisme** (Apostolat officiel du). *Ef.* 20 Oct., 525.
- municipal à Londres. *Musée social.* Septembre.
- Sociétés* (Loi anglaise sur les). *SL.* Oct., 421.
- Syndicats professionnels.* Réforme de la législation (Herbert Valleroux). *Rso.* 1^{er} Nov., 641.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Caserne des pompiers*, rue Carpeaux, Montmartre. *Ac.* Oct., 149.
- Exposition.* Salle des fêtes. *Gc.* 3 Nov., 1.
- Château d'Eau (*Id.*), 8.
- Hippodrome de Paris.* Charpente métallique. *Ac.* Oct., 146.
- Montages des poids et charpentes* (Schmidt). *IC.* Sept., 269.
- Mur de quai au canal de Kiel.* Reconstruction. *Ac.* Oct., 154.
- Ponts** Neuhoof. Hambourg. *VDI.* 20-27 Oct., 1445, 1458.
- allemands à l'Exposition. *E.* 2 Nov., 554. au XIX^e siècle. *VDI.* 10 Nov., 1536. en béton. *Le Ciment.* Oct., 145.
- Vieilles poutres. *Ef.* 26 Oct., 408.
- Tunnel du Simplon.* *Gc.* 27 Oct., 461.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs** Tribelhorn. *EE.* 20 Oct., 110.
- Réduction par la lumière du peroxyde

des plaques positives (Peters). *EE.* 20 Oct., 121.

- Accumulateurs** Blot. *EE.* 27 Oct., 141.
- Accumulatoren-Fabrik. 10 Nov., 220.
- Pescetto (*Id.*), 223.
- à gaz (Commelin et Viau). *Elé.* 3 Nov., 282.
- Batteries à haute tension (Schoop). *EE.* 10 Nov., 242.
- Courants alternatifs* parcourant une longue canalisation. Représentation graphique (Braisig). *EE.* 27 Oct., 156.
- Dielectriques* (Pertes d'énergie dans les) (Benishke), *EE.* 10 Nov., 243.
- Dynamos** (Calcul des) (Nielhammer). *EE.* 20 Oct., 116.
- à courants continus du Creusot. *Ie.* 23 Oct., 449.
- du Creusot à l'Exposition. *Ie.* 10 Nov., 478.
- Régulateur automatique Thury. *Elé.* 10 Nov., 295.
- *Alternateurs* Compound Boucherot. *Elé.* 20 Oct., 244.
- (Construction des) (Parshall et Hobart), *E.* 19 Oct., 483-9 Nov., 591 (Buchi); *EE.* 27 Oct., 151.
- *Moteurs.* Variation de vitesse avec l'intensité du champ magnétique (Martin). *Elé.* 3 Nov., 283.
- Éclairage.** Arc. Lampe Thury. *Elé.* 2 Nov., 275.
- Incandescence. Nouveau type. *Ef.* 26 Oct., 414.
- Interrupteurs à mercure* Caldwell. *Elé.* 20 Oct., 253.
- Électro-chimie.** Divers. *Cs.* 31 Oct., 909.
- à l'Exposition. *E.* 9 Nov., 596.
- Emploi dans l'industrie (Wedding). *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin*, 1^{er} Oct., 725.
- Fils de cuivre électrolytique Emerson. *Eam.* 6 Oct., 399.
- Réactions accessoires de l'électrolyse (Brochet). *CR.* 16 Oct., 616.
- Fours à carbure continus et discontinus (Frolich). *Ms.* Nov., 755.
- Anodes pour la préparation électrolytique des alcalis (Weighmann). *Ms.* Nov., 766.
- Réduction électrolytique de la caféine (Tafel). *Cs.* 31 Oct., 909.

Electro-chimie. Dépôt de l'antimoine au sulfate par diaphragme poreux. *Cs.* 31 Oct., 911.

Mesures. Appareils de l'Allgemeine pour courants alternatifs. *EE.* 20 Oct., 121.

— Compteurs pour courants triphasés (Mollinger). *Ie.* 25 Oct., 458.

— Divers (Armagnat). *EE.* 3 Nov., 184.

Stations centrales à l'Exposition. Belleville, Breguet. *Élé.* 20 Oct., 97. Augsburg, Nuremberg. *EE.* 3, 10 Nov., 169, 209. Bietrix. *E.* 9 Nov., 598. Cail-Thomson-Houston. *Gc.* 10 Nov., 21. Carels. (*Id.*), 27 Oct., 133. Dujardin, Schneider, Vereinigt Electricitaets. Marky, Bromowsky et Schullz, *EE.* 23 Oct., 105. Lahmeyer. *E.* 9 Nov., 450. — Pieper. (*Id.*), 529.

— Grammont et Pignel. *Élé.* 27 Oct., 257.

— de Moabit. Berlin. *E.* 2 Nov., 556.

— Patent Shaft and axletree C°. *E.* 2 Nov., 563.

Télautographe (Le). *E.* 9 Nov., 605.

Télégraphie rapide Polak et Virag. *Élé.* 10 Nov., 289; *Ie.* 10 Nov., 473.

Transformateurs statiques (Les) (Routin). *EE.* 10 Nov., 225.

HYDRAULIQUE

Pompes Dumontant. *Rc.* 20 Oct., 397.

— à vapeur Perrine, Heissler, Wheeler. *RM.* Oct., 524.

MARINE, NAVIGATION

Canal du Nicaragua. *E'* 26 Oct., 405; 9 Nov., 455.

Chalutier à vapeur. *VDs.* 27 Oct., 1435

Constructions navales. État actuel. *Rgds.* 15 Oct., 1084.

— sur le continent. *E'* 9 Nov., 457.

— américaines (Développement des). *E'* 26 Oct., 418.

— Principes esthétiques. *E'* 2-9 Nov., 429, 455.

Docks d'Uraga (Japon). *E'* 2 Nov., 437.

Gouvernail Harfield. *SE.* 27 Oct., 146.

Filage de l'huile. Embarcations de sauvetage avec réservoirs de pétrole. *Rmc.* Oct., 212.

Machines marines du Deutschland. *VDI.* 3 Nov., 1429.

— Smith. *RM.* Oct., 540.

Marine de guerre. Blindages. Progrès depuis 1889 (Delmas). *IC.* Sept., 320.

— Essais de tir sur le Belle-Isle. *Rmc.* Oct., 145, 156.

— Allemagne. *Rmc.* Oct., 175.

— Croiseur Amazone. *E'* 2 Nov., 435.

— Angleterre. *E'* 2 Nov., 441; *E.* 9 Nov., 603; *Rmc.* Oct., 86, 171.

— Russie. *Rmc.* Oct., 184.

— Suède. *Rmc.* Oct., 185.

Paquebots. Deutschland. *E.* 26 Oct., 522; 9 Nov., 610; *VDI.* 3 Nov., 1429.

Pêche. L'armement paimpolais. *Rmc.* Oct., 193.

Phares. Éclairage à l'incandescence. *Ri.* 27 Oct., 407.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseur de la Standard Air Brake C° Fisher. *Rm.* Oct., 538.

— Réchauffage préliminaire Edison. *RM.* Oct., 538.

— Régulateur de pression Christensen Lumb. *EE.* 27 Oct., 143, 145; *RM.* Oct., 538.

Campylographe Dechevrens. *Ln.* 27 Oct., 340.

Chaudières. Essais hydrauliques et inspection (Sinigaglia). *RM.* Oct., 409.

— à tubes d'eau Vidal. *Bam.* Oct., 821.

— — Thornycroft, Kame et Boyor, Hager, Serpollet. *RM.* Oct., 495.

— — dans la marine de guerre (Thwaite). *EM.* Nov., 199.

— Explosion à Sydenham. *E.* 26 Oct., 543.

— Foyer au pétrole (Clarkson). *RM.* Oct., 497.

— Grille mécanique American. *E.* 27 Oct., 533.

— — Efran, Truesdell. *RM.* Oct., 499.

— Résistance des parois (Conrad). 201. 9 Nov., 697.

— Joint de vapeur (Smith). *RM.* Oct., 499.

— Surchauffeurs Cruze. *E'* 2 Nov., 443.

— — Smith. *RM.* Oct., 500.

— Soupape de sûreté Wood. *RM.* Oct., 500.

— Alimentation (Influence de la température et de la concentration sur les constituants salins des eaux d'). (Cribb). *Cs.* 31 Oct., 885.

— Rendement (Détermination du) des combustibles au point de vue chimique (Bunte). *Cs.* 31 Oct., 887.

Drague aspirante et foulante Figée. Ri. 27 Oct., 406.

— Lyster. *RM. Oct.*, 517.

Horloge électrique Thury. Elé. 10 Nov., 297.
Imprimerie. Machine à composer Calendoli. Ln. 3 Nov., 357.

Levage. Nouveaux ascenseurs de la tour Eiffel. *Gc. 20 Oct.*, 441.

— Derrick Haynes. *RM. Oct.*, 528.

— Grue électrique Mohr et Federchaff. *Ri. 20 Oct.*, 399.

— Élévateur (Jeffrey). *RM. Oct.*, 539.

— Manutention des charbons aux rivages (Snowdon). *EM. Nov.*, 157.

Machines-Outils. Ateliers (Les). *E'. 2 Nov.*, 441.

— Organisation commerciale (Diemer). *EM. Nov.*, 229.

— Travail aux pièces (*Id.*), 192.

— Outils pneumatiques. *E'. 2 Nov.*, 446.

— Étau limeur Steen et March. *RM. Oct.*, 530.

— Fraiseuse pour horlogerie Church. *RM. Oct.*, 485.

— — raboteuse Newton. *RM. Oct.*, 531.

— — à fileter Liebert. *RM. Oct.*, 532.

— Riveuse électrique Kodolish. *Gc. 20 Oct.*, 455; *EE. 20 Oct.*, 149. hydraulique Derbyshire. *RM. Oct.*, 534.

— Tours revolver à l'Exposition. *E. 19 Oct.*, 507.

— — à décolleter Girard. *RM. Oct.*, 536.

— — universel Sholz. *AMA. 18 Oct.*, 993.

— — Chuck, Liebert. *RM. Oct.*, 536.

— — à brides Addy. *E. 26 Oct.*, 543.

— — pour arbres à manivelles Morgan. *RM. Oct.*, 483.

— Fraiseuses pour pignons Rice. *E. 19 Oct.*, 498.

— — Brown et Sharpe. *AMA. 27 Oct.*, 970.

— Frappeur Taylor. *RM. Oct.*, 531.

— Machines à vis Brown et Sharpe. *AMA. 27 Oct.*, 968.

— — Goddu. *RM. Oct.*, 490.

— — à tailler les pignons Bilgram. *RM. Oct.*, 479.

— Meules (Vitesses des). *AMA. 27 Oct.*, 977.

— Perceuses horizontales Barnes. *AMA. 27 Oct.*, 983.

— — portative Hohn. *EE. 27 Oct.*, 148.

— — radiale Mac Gown. *E'. 9 Nov.*, 476.

Machines-outils pour foyers Pollock *E'. 2 Nov.*, 446.

— Poinçonneuse Graves. *RM. Oct.*, 534.

Mécanique de précision. Niveau Driobek. Société d'Encouragement de Berlin. *1^{er} Oct.*, 277.

Moteurs à vapeur triple expansion Dujardin. *Pm. Oct.*, 146. *Ri. 3 Nov.*, 417.

— Compound verticale Ferranti de 1000 kilowatts. *E. 19 Oct.*, 511.

— Société alsacienne 600 chevaux. *E'. 2 Nov.*, 429.

— — horizontale à soupapes Richardson Rowland. *Ri. 27 Oct.*, 405. Freytag. *VDI. 27 Oct.*, 1449.

— demi-fixe compound 700 chevaux Lanz. *Pm. Oct.*, 149.

— à trois cylindres Demoulin. *RM. Oct.*, 545.

— à simple effet Reavel. *E'. 9 Nov.*, 472.

— Calorimètre Goodman pour l'humidité de la vapeur. *RM. Oct.*, 493.

— Condenseur Koch. *RM. Oct.*, 547.

— Arrêt Hayes. *EE. 27 Oct.*, 146.

— Enveloppes (utilité des). *E'. 9 Nov.*, 470.

— Condenseurs centraux (Oldham). *EM. Nov.*, 213.

— Distributions : électrique Robinson. *RM. Oct.*, 491. à soupapes Radovanovic. *RM. Oct.*, 544. Sulzer. *Ri. 10 Nov.*, 428.

— Turbines. *E' 26 Oct.*, 417; *4 Nov.*, 444.

— rotatif Rillosi. *Gc. 10 Nov.*, 33.

— Locomobiles et demi-fixes des ateliers de l'État hongrois. *Ap. 1^{er} Nov.*, 643.

— Régulateurs Musgrave. *RM. Oct.*, 545. Sisson, Evans, Darcy et Grégoire. (*Id.*), 546.

— à acide sulfureux Behrend et Zimmermann. *RM. Oct.*, 547.

— à gaz (Équilibrage des). *La. 18, 25 Oct.*, 677, 694; *1^{er} Nov.*, 709.

— à gaz pauvre (Dawson). *E. 9 Nov.*, 589.

— à gaz de hauts fourneaux (Wagener). *VDI. 10 Nov.*, 1517.

— — Allumages Witry, Gardner, Simpson. *RM. Oct.*, 549.

— — Graissage Evans. *RM. Oct.*, 550.

— — Mises en train Eckhart, Bellamy, Berteau. *RM. Oct.*, 550.

— — Réglages Eckhart, Richard, Crossley-Atkinson. *RM. Oct.*, 551.

- Moteurs à gaz** à l'Exposition. *E.* 26 Oct., 406.
 — — Crossley de 100 chevaux (Essai). *E.* 2 Nov., 573.
 — — Deurtz à deux temps. *RM.* Oct., 548.
 — à pétrole Buchet. *La.* 8 Nov., 124.
 — — Diesel. *RM.* Oct., 438.
 — — Dutton. Vignal. *RM.* Oct., 553.

Résistance des matériaux. Action de la température sur l'élasticité des fils d'acier (Gray, Blith et Dunlop). *RSL.* 31 Oct., 180.

— Action du magnétisme sur la résistance du fer (Gray et Taylor). *RSL.* 31 Oct., 208.

— Nouvelle méthode d'essai (Frémont). *RM.* Oct., 430.

Ventilateur Lundell. *EE.* 27 Oct., 150.

MÉTALLURGIE

Alliages. Or-cuivre, propriétés (Roberts Austen). *RsL.* 26 Oct., 103.

Aluminothermie (L') (Guillet). *Gc.* 20 Oct., 444; *Ri.* 10 Nov., 425.

Bronze. (Fonderie de) (Granger). *Bam.* Oct., 777.
Étain, bismuth, cobalt, chrome, nickel, aluminium (Schnabel). *Pm.* Oct., 149.

Fer et acier. Évolution du carbone pendant sa solidification (Stamfield). *Rgds.* 15 Oct., 1095.

— Progrès des aciéries. *ZOI.* 2 Nov., 682.

— Oxygène dans l'acier (Romanoff). *CN.* 19 Oct., 188.

— Tungstène (dosage dans l'acier) Ibbotson et Brearley). *CN.* 9 Nov., 224.

— Fer et phosphore (Stead). *E.* 19 Oct., 512.

— Constitution des laitiers (Juptner), *SuE.* 1^{er} Nov., 1103.

— — Cristallographie du fer (Osmond). *AM.* Août, 117.

— — laminoirs (Les) (Katona). *E.* 19 Oct., 516. de Vandergrift. *SuE.* 15 Oct., 1048.

Fer et acier. Fonte (Chimie et physique de la). (Kreutzpanter). *Fi.* Nov., 329.

— — Fonderie d'acier. Sables employés (Couroux). *Bam.* Oct., 816.

— — Causes des défauts (Wust). *SuE.* 15 Oct., 1041; 1^{er} Nov., 1098.

— — Machines à mouler. Compagnie de l'Ouest. *Rgc.* Oct., 543.

— — Halle de coulée. *SuE.* 15 Oct., 1033.

— **Hauts fourneaux.** Purification des gaz. (Thersen). *SuE.* 15 Oct., 1037.

— — (Construction des). (*Id.*) Nov., 1104.

— Sidérurgie allemande actuelle. Statistique. *SuE.* 15 Oct., 1029.

— — anglaise (*Id.*), 1^{er} Nov., 1078.

Or. Diffusion dans le plomb solide à la température ordinaire (Roberts Austen). *RSL.* 26 Oct., 101.

Structure cristalline des métaux (Ewing et Rosenhain). *RsL.* 26 Oct., 112.

MINES

Argent. District de Real del Monte (Mexique). *Ln.* 27 Oct., 346.

Colonies françaises. Richesses minérales. (Pélatan). *Ru.* Oct., 1.

Examen des mines. *Eam.* 20 Oct., 437.

Fer. Mines du Minnesota. (Bachelery). *AM.* Août, 134.

Laveur Burnett et Newbeggin. *Eam.* 13 Oct., 430.

Or. Dragage sur la Snake River Idaho. *Eam.* 6 Oct., 395.

— En Georgie. (*Id.*), 401.

— District de Cripple Creek. *Eam.* 20 Oct., 454.

Perforatrice électrique Thomson-Houston. *Ri.* 3 Nov., 419.

Russie. Législation des mines. *Ru.* 1^{er} Oct., 113.

Turquoises (Composition des) (Penfield). *American Journal of Science.* Nov., 346.

Vancouver (Mines de l'île de). *Eam.* 6 Oct., 397.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE



ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, par **M. E. Sauvage**,
sur la DISTRIBUTION A RECOUVREMENTS VARIABLES SYSTÈME **Pierre Guédon**.

M. P. Guédon a présenté à la Société d'Encouragement, en 1897, un système de distribution pour machines à vapeur munies de tiroirs cylindriques. D'après ce système, qui a été l'objet d'un rapport à la Société, publié dans le *Bulletin* de 1897, page 1030, les bords du tiroir et les bords correspondants des lumières fixes sont tracés suivant des hélices parallèles, de sorte qu'une rotation du tiroir autour de l'axe qui reçoit le mouvement de va-et-vient fait varier les recouvrements. En donnant au tiroir un mouvement continu d'oscillation autour de cet axe, on peut agir sur les recouvrements intérieurs pendant la durée d'une course de telle sorte que les périodes d'échappement anticipé et de compression ne soient plus liées entre elles aussi étroitement qu'avec la commande ordinaire.

Cette disposition ingénieuse étant un peu trop compliquée, surtout pour les locomotives, que M. Guédon avait particulièrement en vue, il a appliqué le même principe d'une manière qui paraît plus simple et plus pratique. Au lieu d'imprimer au tiroir cylindrique une oscillation continue autour de son

axe, on se contente d'en changer l'orientation à certains moments en faisant ainsi varier à volonté d'une manière permanente les recouvrements : la variation reste alors la même pour la compression et pour l'échappement anticipé. Aux grandes vitesses, on diminuera les recouvrements qui contrôlent l'échappement; il conviendra même souvent, notamment sur les locomotives compound, de donner à ces recouvrements des valeurs négatives, et le découvert ainsi obtenu peut être assez grand. On diminue ainsi la période de compression; il est vrai que la période d'échappement anticipé s'en trouve exagérée, mais cet inconvénient n'est pas bien grave aux grandes vitesses. M. Guédon fait remarquer, qu'avec de grands découverts, il est avantageux d'intervertir les bords du tiroir cylindrique en plaçant l'échappement à l'extérieur; par suite de la division du conduit d'échappement qui en résulte, la vapeur de l'échappement anticipé ne tend pas à relever la tension du côté où la compression se fait, comme cela peut se produire avec l'échappement par les bords intérieurs par suite de la communication trop directe qui existe entre les deux côtés du cylindre.

L'orientation du tiroir cylindrique autour de son axe pourrait se donner à l'aide d'une commande placée à la disposition du conducteur de la machine; l'inventeur avait même commencé par prévoir cette variation d'orientation pour éviter que le joint des bagues élastiques du tiroir ne frotte toujours suivant la même génératrice du cylindre, y produisant une usure anormale.

Mais il est plus simple et plus efficace de rattacher la commande de l'orientation du tiroir à l'arbre de relevage de telle sorte que les découverts augmentent à mesure que la période d'admission diminue : l'appareil corrige ainsi l'augmentation excessive de la compression qui résulte de la réduction de l'admission avec les distributions ordinaires à coulisse. Comme les faibles admissions ne sont guère employées qu'aux grandes vitesses, au moins sur les locomotives, l'exagération corrélative de la période d'échappement anticipé n'a pas grand inconvénient. La figure ci-jointe représente cette disposition.

On doit remarquer qu'on peut agir en même temps sur les recouvrements qui contrôlent l'admission, si on le juge convenable, par exemple, de manière à maintenir une avance linéaire du tiroir constante à tous les crans de marche; cette constance n'a d'ailleurs, le plus souvent, qu'une importance secondaire.

Il est à remarquer que les lumières doivent être interrompues sur

une portion du logement cylindrique du tiroir assez grande pour que le joint des bagues élastiques ne vienne jamais en rencontrer les bords; on doit donc tracer les bords en hélice avec un pas assez fort pour que l'angle total de la rotation du tiroir ne soit pas trop grand, afin de ne pas réduire indûment la section des lumières.

En résumé, la nouvelle disposition présentée par M. Guédon paraît

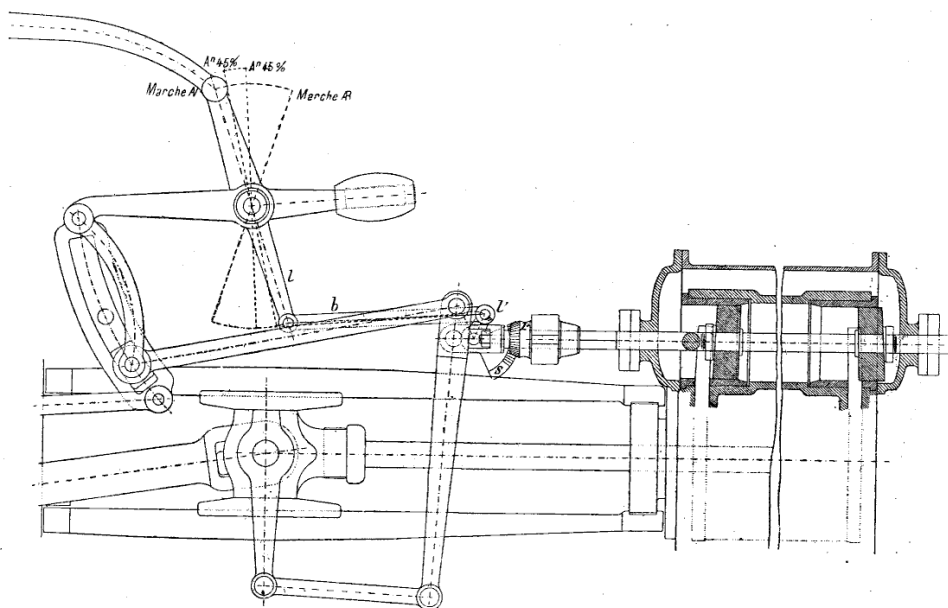


Fig. 1. — Distribution P. Guédon, appliquée à une locomotive munie de tiroirs cylindriques. La commande du tiroir se fait par la coulisse de Walschaert, l'échappement ayant lieu par les bords extérieurs.

L'arbre de relevage porte un levier supplémentaire *l*, qui donne un mouvement de rotation au tiroir par l'intermédiaire de la bielle *b*, du petit levier *l'* et d'un renvoi par roues d'angle. Le tiroir ayant les bords extérieurs taillés en hélice (ainsi que les bords des lumières correspondantes), la période de compression varie quand on manœuvre l'arbre de relevage. La variation peut d'ailleurs ne se produire que pendant une partie du déplacement de l'arbre de relevage.

simple; elle met à la disposition des constructeurs un moyen d'améliorer dans certains cas les distributions par coulisse. On jugera que cette amélioration peut être intéressante, notamment pour les locomotives compound, si l'on remarque que, dans ces locomotives, on est souvent conduit à exagérer à dessein les volumes des espaces libres pour éviter les compressions excessives. Le nouveau mécanisme paraît pouvoir s'appliquer assez facile-

ment et n'introduit pas de complications fâcheuses. Rappelons qu'il ne s'applique qu'aux machines munies de tiroirs cylindriques.

Votre Comité de mécanique vous propose en conséquence de remercier M. Guédon de sa nouvelle communication et de publier le présent rapport au *Bulletin* de la Société, avec la figure qui l'accompagne.

Signé : SAUVAGE, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 novembre 1900.

AGRICULTURE

RAPPORT présenté par **M. Müntz**, au nom du *Comité d'agriculture* sur la VÉGÉTALE, CORPS GRAS ALIMENTAIRE EXTRAIT DE LA NOIX DE COCO, et présenté par **MM. Rocca, Tassy et de Roux**, *fabricants d'huile à Marseille*.

Le produit présenté à la Société est remarquable à plusieurs titres.

Il se présente sous l'aspect de graisse onctueuse d'une blancheur parfaite, d'une saveur agréable et d'une odeur fine rappelant celle de la noisette. Il est entièrement exempt d'eau et de matières azotées fermentescibles. Sa conservation est donc facile et pour ainsi dire illimitée. Même exposé à l'air pendant longtemps, il ne rancit pas et ne prend aucun mauvais goût.

Consistante à la température ordinaire, la végétaline se transforme par la fusion en une huile limpide et incolore, parfaitement homogène, et dont il ne se sépare aucune trace d'eau ou d'impureté quelconque.

Employée en remplacement des autres graisses alimentaires telles que le beurre, le saindoux, les huiles, elle donne, tant pour la cuisine ordinaire que pour la pâtisserie, des produits d'un bon goût qui la font accepter par les personnes les plus difficiles. Les pâtisseries dans lesquelles elle a été employée ont une conservation plus longue que celles qui ont été faites avec les autres graisses à cause de la résistance du produit au rancissement.

La végétaline ou beurre de coco est principalement constituée par de la laurine et de l'oléine, glycérides très facilement digestibles et assimilables; sa richesse en glycérides à acides gras volatils la rapproche du beurre de vaches, qui est également caractérisé par la présence de produits volatils analogues.

L'expérience a montré qu'elle se digère intégralement et avec une grande facilité.

Nous sommes donc en présence d'un produit alimentaire qui offre toutes les propriétés des meilleures matières grasses : bon goût, assimi-

tion parfaite, conservation facile et prolongée et, nous devons ajouter, prix peu élevé.

C'est avec intérêt que nous avons examiné ce produit, qui nous semble destiné à jouer un rôle important dans l'économie domestique.

C'est en réalité le beurre de coco, connu depuis longtemps, mais qui, entre les mains de MM. Rocca, Tassy et de Roux, extrait, épuré par des procédés industriels ingénieux, est devenu l'objet d'une fabrication importante et a pris déjà une grande place dans le commerce des corps gras alimentaires.

Partant de la noix de coco que nos colonies intertropicales produisent en si grande abondance et dont la partie charnue, desséchée sur place, arrive dans les ports français, MM. Rocca, Tassy et de Roux procèdent à l'extraction de la matière grasse et soumettent celle-ci à un raffinage destiné à enlever les acides qui se sont formés au cours de la dessiccation et du transport.

Ce raffinage consiste à enlever les acides gras en les saponifiant et à éliminer par un courant de vapeur d'eau les principes odorants qui s'étaient formés.

Un diplôme d'honneur a été attribué à ce produit à l'Exposition universelle de 1900.

C'est pour avoir appliqué sur une grande échelle à cette matière première de nos colonies des procédés de préparation et de purification qui en font un produit alimentaire d'excellente qualité, pour avoir donné à celui-ci une importance commerciale considérable, que notre rapporteur vous propose de remercier MM. Rocca, Tassy et de Roux de leur intéressante communication et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de la Société d'Encouragement à l'industrie nationale.

Signé : M. MUNTZ, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 novembre 1900.

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. L. de Chasseloup-Laubat (1).

ÉTATS-UNIS

MONOGRAPHIES

Cuirassés. — Texas. — Indiana. — Iowa. — Kearsage. — Alabama. — Maine. — Georgia.

Monitors. — Premiers monitors. — Monitors modernes. — Béliet Katahdin.

Croiseurs cuirassés. — New-York. — Brooklyn. — California.

Croiseurs protégés. — Columbia. — Olympia. — Baltimore. — Denver.

CUIRASSÉS

TEXAS (fig. 67)

Le *Texas* a été lancé à Norfolk en 1892.

Description générale. — C'est un navire assez élevé au-dessus de l'eau de l'avant à l'arrière. Au centre se trouve une superstructure légère. Il a une cheminée et deux mâts militaires. Il est classé comme cuirassé de 2^e classe.

Dimensions. — Ses dimensions principales sont :

Longueur à la flottaison en charge (perpendiculaires améri- caines)	91 ^m ,85
Largeur	19 ^m ,76
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,85
— arrière	7 mètres.
Déplacement correspondant.	6 400 tonnes.

Coque. — La coque s'élève depuis l'avant jusqu'à l'arrière de la hauteur de deux entreponts ; les superstructures ne règnent absolument que dans la partie milieu.

Protection. — La protection est constituée au centre par un caisson rectangulaire ayant 1^m,97 de haut dont 0^m,60 au-dessus de l'eau. L'épaisseur maximum des plaques est de 300 millimètres. Le pont blindé horizontal situé au can supérieur de la cuirasse du caisson a une épaisseur de 50 millimètres. Le pont sous-marin qui protège les extrémités est également blindé à 50 millimètres.

(1) Voir le *Bulletin* de mars, avril, septembre, octobre 1900.

Les deux grosses tourelles qui contiennent l'artillerie principale sont placées en échelon gauche-avant et droite-arrière. Elles sont blindées à 305 millimètres. Leur base est entourée par une espèce de redoute analogue à celle de l'*Italia* et blindée également à 305 millimètres. Cette redoute ne s'étend que sur la hauteur de l'entrepont supérieur et ne descend point jusqu'au caisson central.

Machines et chaudières. — Deux machines à triple expansion actionnant chacune une hélice développent ensemble 8 500 chevaux et donnent une

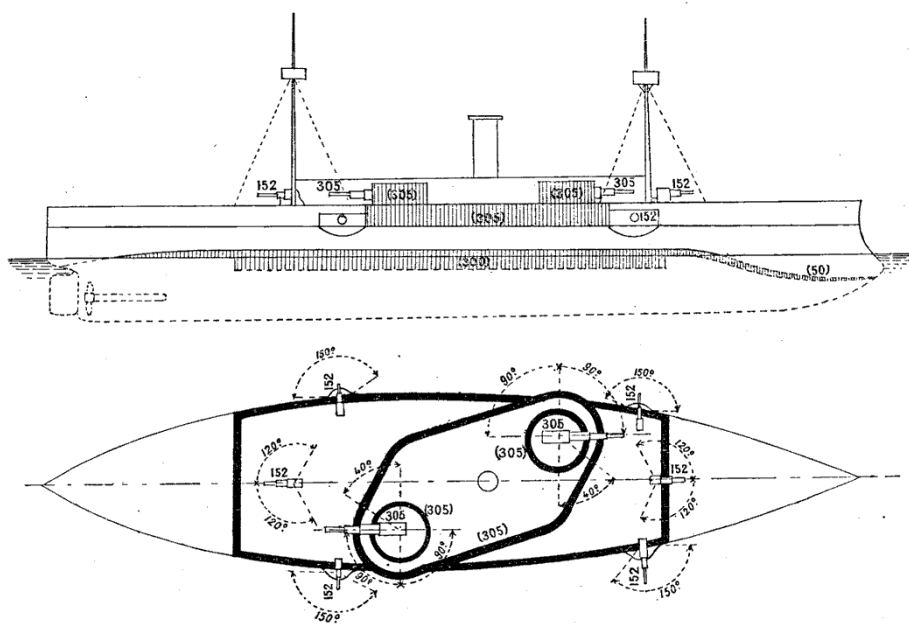


Fig. 67. — *Texas*.

vitesse d'environ 17 nœuds. Au tirage naturel, on peut obtenir 5 800 chevaux et une vitesse de 15ⁿ,5.

L'approvisionnement normal de charbon est de 365 tonnes ; il peut être environ doublé (1).

Armement. — L'armement comprend :

2 pièces de 305 millimètres, chacune dans une des grosses tourelles, ayant un champ de tir ininterrompu de 180°. En outre, chaque pièce doit disposer d'un angle d'une quarantaine de degrés sous la superstructure centrale ;

6 pièces de 152 millimètres, dont deux sur le pont dans l'axe longitudinal avec environ 240° de champ et quatre au niveau de l'entrepont supérieur dans

(1) Le *Naval Annual* donne 500 tonnes, pouvant être portées à 850.

des encorbellements ; deux de ces pièces tirent en chasse directe et par le travers ; les deux dernières en retraite directe et par le travers avec un angle de 150° ;

12 pièces de 57 millimètres ;

8 pièces de 37 millimètres,

réparties dans l'entrepont supérieur et sur les passerelles.

Il y a 4 tubes lance-torpilles.

Équipage. — L'équipage est de 400 hommes environ.

Remarques. — Ce bâtiment a tous les défauts du *Maine* : caisson central trop court et trop peu élevé, extrémités trop peu cloisonnées, mauvaises dispositions de la grosse artillerie. En outre, la base unique qui entoure les deux tourelles de 300 millimètres permettrait à un seul projectile heureux de paralyser toute la grosse artillerie. Enfin, cette base n'étant point prolongée jusqu'au caisson, les obus entrant dans l'entrepont inférieur peuvent également paralyser la grosse artillerie.

Le *Texas* paraît donc très inférieur au *Maine* en tant que machine de guerre ; il doit être également moins marin.

INDIANA

Description générale. — L'*Indiana*, ainsi que les deux bâtiments similaires : *Massachusetts* et *Orégon* ont été lancés en 1893.

L'*Indiana* et le *Massachusetts* ont été construits chez Cramp, à Philadelphie, l'*Orégon*, à San-Francisco.

Ces bâtiments appelés par les Américains « coast-line battle ships », ce qui signifie navires de ligne destinés à combattre près des côtes, sont bien réellement des gardes-côtes. Leur avant bas leur donne un aspect peu marin et, vus à une certaine distance, ils ressemblent à s'y méprendre à des monitors.

Leur grande superstructure centrale est surplombée par deux cheminées et à l'avant il y a un mât militaire avec double hune (fig. 68).

Dimensions. — Leurs dimensions sont :

Longueur	106 ^m ,10
Largeur	21 ^m ,10
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,30
— arrière	8 ^m ,15
Déplacement correspondant	10 400 tonnes.

Coque. — La coque est construite en acier à double fond, avec un cloisonnement extrêmement développé. Au-dessus du pont blindé, un seul entrepont règne de l'avant à l'arrière. La hauteur du franc-bord est de 4^m,50 à l'avant et de 3^m,50 à l'arrière. Au centre, une superstructure, haute de deux

entreponts, donne pour les logements un entrepont complet et un espace rectangulaire découvert, mais abrité contre les embruns et le vent.

Les soutes principales des munitions sont à l'avant et à l'arrière; la partie centrale du bâtiment étant surtout réservée aux machines. La distribution se fait à l'aide d'une coursive.

Protection. — Les blindages de ces bâtiments sont en acier-nickel. La protection est assurée aux extrémités par un pont blindé sous-marin de 76 milli-

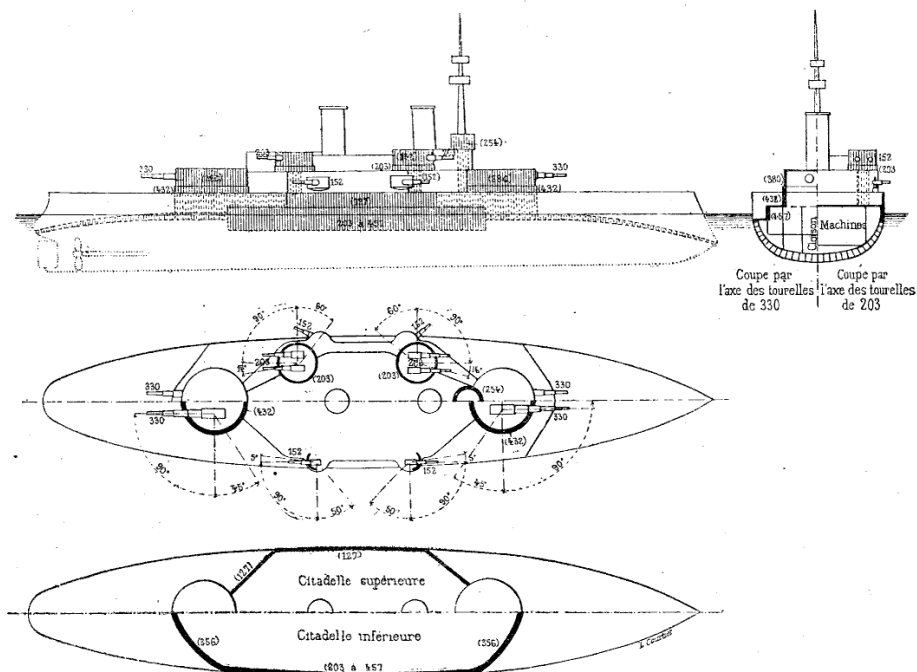


Fig. 68. — *Indiana*.

mètres d'épaisseur. Dans la partie centrale du bâtiment ce pont blindé se réduit à un simple pare-éclats: le pont blindé véritable est alors au-dessus de l'eau, au niveau du can supérieur de la cuirasse. L'épaisseur de ce pont est de 66 millimètres.

Au centre du bâtiment, sur 56 p. 100 de la longueur totale, une citadelle blindée occupe toute la longueur du navire; elle est terminée à l'avant et à l'arrière par des traverses de forme légèrement arrondie.

La partie inférieure de cette citadelle est constituée par des plaques de 2^m,18 de haut. Leur épaisseur sur les flancs est de 457 millimètres sur une hauteur de 1^m,22 à partir du can supérieur; de là, elle décroît constamment

jusqu'à la tablette où elle n'est plus que de 203 millimètres. Le niveau normal de la flottaison est de 910 millimètres au-dessous du can supérieur. Les traverses ont une épaisseur maximum de 356 millimètres.

Au-dessus du caisson cuirassé ainsi formé, un blindage de 127 millimètres d'épaisseur règne sur toute la hauteur de l'entrepont unique. La seconde citadelle ainsi constituée est sensiblement plus courte que la première : en effet, elle vient se raccorder avec l'arrière du support de la tourelle avant et l'avant du support de la tourelle arrière, tandis que l'épais caisson inférieur enveloppe la base de ces supports.

Dans l'axe longitudinal du bâtiment, à l'avant et à l'arrière du réduit inférieur, s'élèvent deux grandes tourelles constituées de deux parties, l'une fixe, dite barbette, et l'autre tournante, dite carapace ou bouclier. La barbette est blindée à 432 millimètres; la carapace, qui a 10^m,43 de diamètre et 2^m,13 de haut, est blindée à 380 millimètres.

Les quatre tourelles pour canons de 203 millimètres sont constituées également chacune par une barbette blindée à 203 millimètres et une carapace blindée à 152 millimètres.

Le blockhaus du commandant est cuirassé à 254 millimètres et repose sur un tube blindé à 178 millimètres.

Les canons de 152 millimètres sont protégés par de simples masques.

Machines et chaudières. — Deux machines à pilon à triple expansion actionnent chacune une hélice. Elles ont chacune trois cylindres dont les diamètres sont respectivement de 880 millimètres, 1^m,22 et 1^m,91. Les pistons ont une course de 1^m,07. La vapeur est fournie par six chaudières ignitubulaires ordinaires à retour de flammes, timbrées à 11^{kg},25. Quatre de ces chaudières sont doubles et les deux autres à une seule façade. La surface totale de grille est de 57 mètres carrés, la surface de chauffe de 1 802 mètres carrés.

Voici, d'après les *Transactions of Institution of Naval Architects*, quels ont été les résultats obtenus aux essais pour chacun des trois navires de cette classe :

Navires.	Dates des essais.	Déplacement. (Tonnes.)	Tirant d'eau moyen. (Mètres.)	Chevaux indiqués.	Vitesse. (Nœuds.)
<i>Indiana</i>	18 oct. 1895	10 409	7,29	9 738	15,55
<i>Massachusetts</i>	25 avril 1896	10 419	7,30	10 403	16,20
<i>Orégon</i>	14 mai 1896	10 404	7,29	11 111	16,79

Au tirage naturel, on doit pouvoir compter sur une vitesse de 15 nœuds avec une puissance correspondante de 8 000 chevaux environ.

L'approvisionnement de charbon correspondant au tirant d'eau normal est de 406 tonnes seulement; mais on peut à la rigueur, et en admettant une surcharge correspondante, embarquer environ 1 200 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 pièces de 330 millimètres ;

8 pièces de 203 millimètres ;

4 canons de 152 millimètres, à tir rapide ;

20 canons de 57 millimètres, à tir rapide ;

4 canons de 37 millimètres, à tir rapide ;

Et 4 mitrailleuses.

Les pièces de 330 millimètres sont accouplées et placées, deux à l'avant et

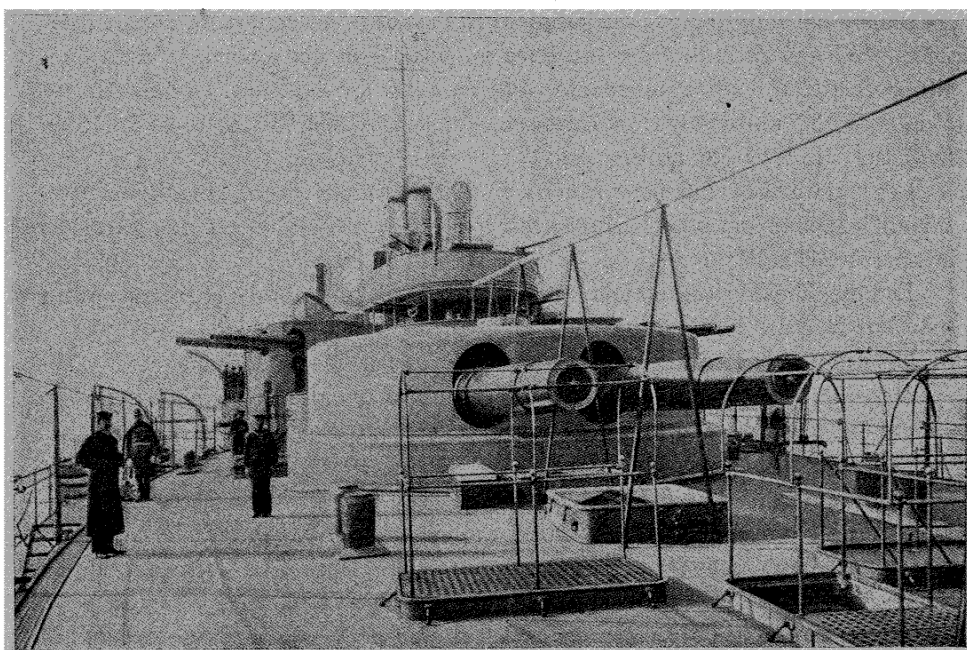


Fig. 69. — *Indiana*. Arrière.

deux à l'arrière, dans deux grandes tourelles situées sur l'axe longitudinal. Ces pièces tirent par-dessus le pont — on pourrait mieux dire les plages avant et arrière — avec un commandement de 5^m,30 et un champ de tir de 270°. Leur manœuvre est hydraulique.

Les quatre canons de 152 millimètres sont à la même hauteur et sont placés dans des encorbellements de la superstructure centrale. Leur champ de tir est de 145°, dont 5° en dedans de l'axe longitudinal.

Les huit canons de 203 millimètres sont accouplés dans quatre tourelles disposées symétriquement de chaque bord. Ces pièces ont un commandement

de 7^m,50 et un champ de tir de 104°, dont 14° à l'intérieur de l'axe. Elles sont, comme les pièces de 330 millimètres, à manœuvre hydraulique.

L'*Indiana* peut donc tirer : en chasse directe et en retraite directe : deux 330 millimètres, quatre 203 millimètres et deux 152 millimètres.

Par le travers : quatre 330 millimètres, quatre 202 millimètres et deux 152 millimètres.

Quant à la petite artillerie, elle est répartie sur la superstructure centrale et dans la hune. Il y a 7 tubes lance-torpilles au-dessus de l'eau.

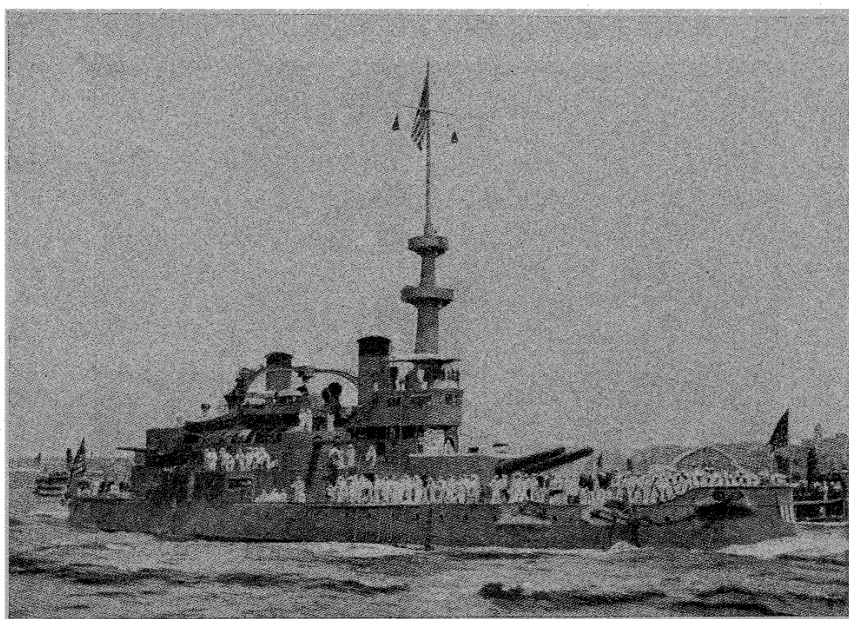


Fig. 70. — *Orégon*.

Équipage. — L'équipage, primitivement fixé à 400 hommes, officiers compris, semble avoir été porté à un effectif total de 450.

Remarques. — Ce navire, étant donné son déplacement, est extrêmement puissant. Le poids total d'une décharge d'artillerie s'élève à 3 084^{kg},8. Il n'y a que les grands navires italiens qui, grâce à leurs pièces de 105 tonnes, lancent un poids total de métal supérieur; sur l'*Andrea-Doria*, ce poids est de 3 787^{kg},7; sur l'*Italia*, il atteint 4 058^{kg},4.

Quant au *Royal-Sovereign* anglais, dont les plans ont au moins partiellement inspiré les constructeurs de l'*Indiana*, bien que son déplacement s'élève à 14 300 tonnes, le poids correspondant de métal n'est que de 2 716 kilogrammes.

Mais il convient de faire remarquer que la comparaison serait à l'avantage du navire anglais si l'on considérait le poids de métal lancé pendant l'unité de temps : les dix pièces de 152 millimètres du *Royal-Sovereign* lui assureraient la supériorité. En outre, le navire anglais file 17ⁿ,5, prend en charge normale 900 tonnes de charbon, emporte plus de munitions dans ses soutes, a une hauteur de franc-bord plus grande qui lui assure des qualités nautiques supérieures, enfin il a une citadelle qui occupe 65 p. 100 de la longueur totale.

A tout prendre, l'*Indiana* paraît, de tous les navires à flot, celui qui possède l'artillerie la plus puissante et la mieux disposée pour un combat en eau calme

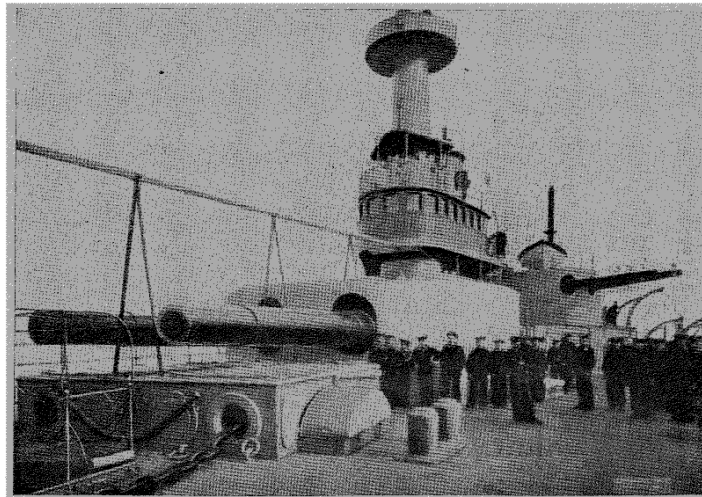


Fig. 71. — Avant du *Massachusetts*.

et d'une durée assez longue pour que l'artillerie moyenne de ses rivaux plus modernes ne puisse point pratiquement maintenir les vitesses de tir obtenues dans les polygones. D'ailleurs, l'*Indiana* pourrait probablement recevoir des 203 millimètres à tir rapide au lieu des pièces actuelles. Il aurait ainsi une supériorité encore plus grande.

L'artillerie de l'*Indiana* est parfaitement disposée : s'il serait évidemment difficile de faire tirer les 203 millimètres par-dessus les tourelles des 330 millimètres, sans danger pour les pointeurs de ces dernières, la chose n'est peut-être pourtant pas impossible avec quelques précautions. Quoi qu'il en soit, ces grands angles de tir sont certainement avantageux : d'abord ils peuvent être utilisés en cas de mise hors de service des grosses tourelles par le feu de l'adversaire ; ensuite, les quatre pièces de 203 millimètres placées dans la tourelle de droite-

avant et de gauche-avant, peuvent, en faisant feu à quelques degrés seulement à l'intérieur de l'axe, maintenir réellement *un tir de chasse effectif*.

La même remarque est encore vraie, mais dans une moindre mesure, pour les pièces de 152 millimètres.

L'*Indiana* a ainsi un grand avantage sur la plupart des bâtiments dont, au contraire, les pièces latérales de chasse et de retraite ne peuvent, en pratique, tirer simultanément sur un même but. C'est là un point d'extrême importance et qui vient montrer une fois de plus combien il est nécessaire, dans les questions maritimes, de se livrer à un examen sérieux et approfondi des faits.

La protection de l'artillerie et de la partie centrale de la coque de l'*Indiana* est très bien assurée, tant contre les projectiles de rupture que contre les obus à explosifs. Par contre, les extrémités entièrement décuirassées constituent un grave danger. La démolition de l'arrière, et surtout celle de l'avant, que pourraient effectuer les obus de l'artillerie moyenne moderne, auraient probablement des conséquences désastreuses : le navire perdrait son assiette et risquerait peut-être de chavirer. Le seul palliatif contre un tel désastre serait de bourrer entièrement de cellulose ou de matériaux analogues tous les compartiments de la tranche cellulaire, à l'avant et à l'arrière, afin de réduire autant que possible le volume de l'eau introduite par chaque coup. Mais on aurait ainsi une surcharge considérable.

Enfin, un autre danger sérieux, mais ayant moins de chance de se produire que le précédent, serait, dans un combat en pointe, de recevoir un gros obus qui éclaterait au contact du pont sous-marin : si celui-ci était défoncé, il est probable que le bâtiment coulerait après avoir apiqué puis chaviré. Enfin, il est probable que ces bâtiments sont peu marins, étant donné leur énorme poids d'artillerie et leur faible hauteur d'œuvres-mortes à l'avant.

IOWA

Description générale. — Le *Iowa*, construit chez Cramp, à Philadelphie, où il a été lancé en 1896, est un *Indiana* auquel, grâce à une augmentation de déplacement et à une diminution de puissance offensive et défensive, on a pu donner des qualités nautiques, une vitesse et un rayon d'action bien supérieurs.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	110 ^m ,40
Largeur	21 ^m ,87
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,32
— d'arrière	7 ^m ,90
↳ Déplacement correspondant	11 522 tonnes.

C'est un navire qui, avec son avant surélevé d'un entrepont par rapport à

l'arrière et sa grande tourelle avant au même niveau que les tourelles latérales, a un aspect réellement marin, sans être pourtant trop chargé de superstructures. La hauteur du pont au-dessus de l'eau est de 3^m,50 à l'arrière et de 5^m,50 à l'avant. Il a deux hautes cheminées, l'une devant l'autre et un mât militaire à double hune en avant de la superstructure centrale.

Coque. — La coque, construite en acier, est très forte d'échantillon et possède une grande solidité. Elle est à double fond et divisée en un très grand nombre de compartiments étanches.

Au-dessous du pont blindé, il y a une cloison longitudinale centrale allant de l'avant à l'arrière, plusieurs cloisons longitudinales partielles, quatorze cloi-

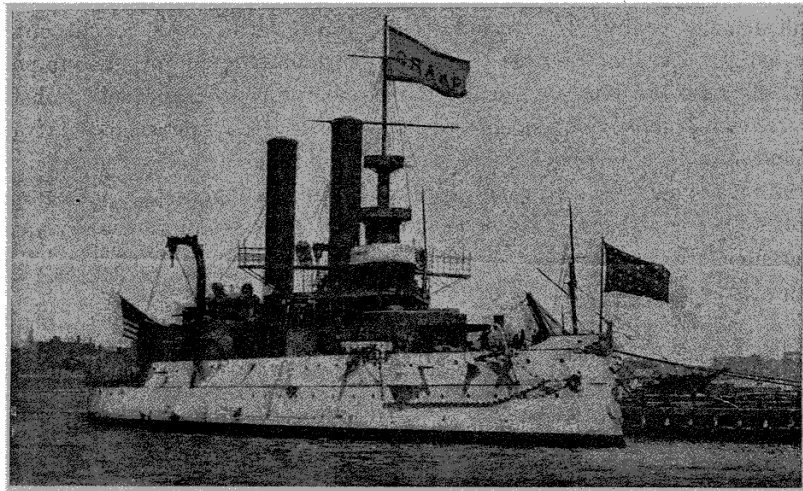


Fig. 72. — Iowa.

sons transversales et des cloisons horizontales dans les soutes à charbon. Sans compter le double fond, il y a, sous le pont blindé, 88 compartiments étanches.

Au centre du bâtiment, entre le pont blindé supérieur et le pont pare-éclats sous-marin, se trouve une tranche cellulaire. Il y a également, dans les extrémités non blindées, une tranche cellulaire composée de compartiments de vivres encadrés de deux ceintures parallèles de caissons pleins de cellulose : le caisson extérieur est plein de cellulose comprimée, le caisson intérieur est rempli de légères boîtes étanches renfermant de la cellulose. Dans l'ensemble de la tranche cellulaire, il y a 177 compartiments étanches.

Au-dessus de cette tranche cellulaire, le premier entrepont s'étend de l'avant à l'arrière; il est divisé aussi en nombreux compartiments étanches. Au-dessus de cet entrepont se trouve le deuxième entrepont, de l'étrave jusqu'à l'avant de

la grosse tourelle arrière. Au-dessus encore, la superstructure s'élève entre les deux grosses tourelles.

Ce cloisonnement minutieux est un excellent moyen de défense pour l'ensemble du bâtiment; aux extrémités, il est indispensable. Il a nécessité un poids de 576^t,89 de métal, plus 66 tonnes de cellulose, soit un poids total de 642^t,89.

Voici le devis de poids de ce bâtiment :

Coque	3 438 tonnes.
Accessoires (appareils à gouverner, à manœuvrer les embarcations, ventilateurs, pompes et tuyautages d'eau).	527 —
Cuirasse	3 840 —
Artillerie, munitions, torpilles	1 040 —
Appareil moteur	1 233 —
Charbon	635 —
Complément de l'exposant de charge	544 —
Disponible	265 —
Total	11 522 tonnes.

Protection. — La cuirasse est disposée de même façon que sur l'*Indiana* : aux extrémités, un pont blindé sous-marin ayant 68^{mm},9 d'épaisseur totale; dans la partie centrale, deux citadelles superposées.

La cuirasse de la citadelle inférieure a, sur les flancs, une épaisseur maximum de 355 millimètres se réduisant environ à la moitié au can inférieur. Elle est terminée à l'avant et à l'arrière par des traverses dont l'épaisseur maximum est de 178 millimètres. Sa hauteur totale est de 2^m,287; en tirant d'eau normal, elle émerge de 0^m,915.

La seconde citadelle, qui s'étend entre les deux grosses tourelles, recouvre la hauteur totale du premier entrepont et occupe toute la largeur du bâtiment sur le quart environ de la longueur totale de celui-ci. Constituée de plaques d'acier de 101 millimètres reposant sur un double bordé de 12^{mm},5, elle protège contre les obus de moyen calibre la plus grande partie du pont blindé supérieur horizontal situé au niveau du can supérieur de la citadelle inférieure, les bases des cheminées, les panneaux des chaufferies et des chambres de machines, et les prises d'air des ventilateurs. Elle constitue de plus une réserve importante de flottabilité blindée. Des soutes à charbon, situées à l'intérieur de ce cuirassement léger, viennent encore renforcer son action protectrice.

Les deux grandes tourelles ont, tant dans la partie fixe inférieure ou barbette que dans la partie tournante supérieure ou carapace, une épaisseur de 355 millimètres. Le plafond a 37 millimètres. Les quatre tourelles des canons de 203 millimètres ont des blindages de 203 millimètres aux barbottes et de 140 millimètres aux carapaces. Le tube-support a une épaisseur de 76 millimètres.

Le blockhaus du commandant a 224 millimètres d'épaisseur et repose sur un tube de 178 millimètres.

Les encorbellements des pièces de 102 millimètres ont des blindages de 102 millimètres; leurs traverses, 51 millimètres.

Le devis des poids de la cuirasse est le suivant :

	Tonnes.
Citadelle inférieure, cuirasse des flancs.	629,37
— — des traverses	235,98
Citadelle supérieure, flancs et traverses.	196,47
Tourelles des canons de 305 millimètres	734,70
— — de 203 —	677,86
Blockhaus et tube blindé	107,92
Encorbellements et leurs traverses	39,34
Boulons de cuirasse.	59,81
Matelas de bois	110,77
Total.	2 792,22

Le poids du pont blindé est :

	Tonnes.
Partie centrale	776,65
Extrémités	271,13
	1 047,78
Poids total du cuirassement	3 840 »

Machines et chaudières. — Deux machines à triple expansion actionnent chacune une hélice. Les pistons ont 1^m,220 de course et 0^m,999, 1^m,400 et 2^m,160 de diamètre. Aux essais du 7 avril 1896, la puissance développée était de 12 105 chevaux et la vitesse obtenue de 17ⁿ,09. Au tirage naturel, on obtient 16 nœuds, avec une force de 9 000 chevaux.

Cinq chaudières ignitubulaires à retour de flammes, dont trois doubles et deux simples ont une surface totale de grilles de 70 mètres carrés et une surface totale de chauffe de 2 225 mètres carrés. Les cheminées sont extrêmement élevées; elles ont 30 mètres de hauteur au-dessus des grilles.

Le poids total des machines et des chaudières est de 1 233 tonnes, dont :

Tonnes.	
245,02	pour les machines principales;
24,31	— machines auxiliaires;
88,95	— hélices et arbres;
559,62	— chaudières et accessoires;
35,36	— condenseurs;
162,98	— cheminées, tuyautage et parquets.

Le reste pour l'outillage, les pièces de rechange et approvisionnements de machines.

L'approvisionnement normal de charbon est de 635 tonnes. Il peut être porté à 1 800 tonnes; mais, dans ce cas, il faut remarquer que l'on aurait une immersion supplémentaire d'une soixantaine de centimètres, ce qui mettrait

le can supérieur de la citadelle inférieure à une trentaine de centimètres seulement au-dessus de la ligne de flottaison. Dans ces conditions, la réserve de flottabilité et de stabilité cuirassées serait dangereusement faible. Néanmoins, cette grande capacité des soutes supplémentaires est un avantage précieux dans certains cas.

Armement. — L'armement comprend :

- 4 canons de 305 millimètres;
- 8 canons de 203 millimètres;
- 6 canons de 102 millimètres;
- 20 canons de 57 millimètres;
- 4 canons de 37 millimètres;
- 4 mitrailleuses et une pièce de campagne.

Les pièces de 305 millimètres sont accouplées dans les deux grosses tourelles situées à l'avant et à l'arrière, dans l'axe longitudinal, avec un champ de tir ininterrompu de 270°. Les pièces de chasse ont un commandement de 7^m,60; chaque tourelle a deux capots de visée.

Les huit pièces de 203 millimètres, disposées comme sur l'*Indiana*, ont aussi un commandement de 7^m,60; mais, par suite des dispositions adoptées, leur champ de tir est forcément moindre. Les pièces des tourelles avant tirent en chasse directe, mais sans champ de tir à l'intérieur de la parallèle à l'axe longitudinal menée par le centre de rotation de la tourelle. De même, les pièces des tourelles arrière tirent en retraite directe sans angle rentrant. Chaque tourelle a deux capots de visée. Le champ de tir est d'environ 150°.

Des six canons de 102 millimètres, deux sont situés à l'arrière de la superstructure; ils tirent en retraite par-dessus la tourelle arrière et en travers. Leur angle total est de 150°, dont 25° à l'avant de la perpendiculaire à l'axe longitudinal menée par l'axe de rotation de l'affût.

Les quatre autres pièces de 102 millimètres sont dans l'entrepont supérieur, dans des encorbellements blindés. Deux sont situées entre les tourelles des canons de 203 millimètres et tirent par le travers avec un angle de 140°. Les deux autres, très à l'avant — trop à l'avant peut-être — tirent par le travers et en chasse directe: leur champ est de 150°, dont 95° à l'avant de la perpendiculaire menée à l'axe longitudinal par le centre de rotation de la pièce.

La petite artillerie est répartie dans l'entrepont supérieur et sur les passerelles.

Il y a six tubes à torpilles au-dessus de l'eau, un en chasse directe à l'avant, un en retraite directe à l'arrière et quatre situés dans la citadelle supérieure tirant par le travers.

Il y a plusieurs projecteurs électriques.

Les embarcations sont au nombre de dix, dont une vedette de 12 mètres. On

Équipage. — L'équipage, primitivement fixé à 400 hommes, a dû probablement être porté à 450 environ.

Description générale.

Ils ont deux tourelles sur le pont supérieur dans l'axe longitudinal, une à l'avant et l'autre à l'arrière. Au centre du bâtiment s'élève une batterie recouvert

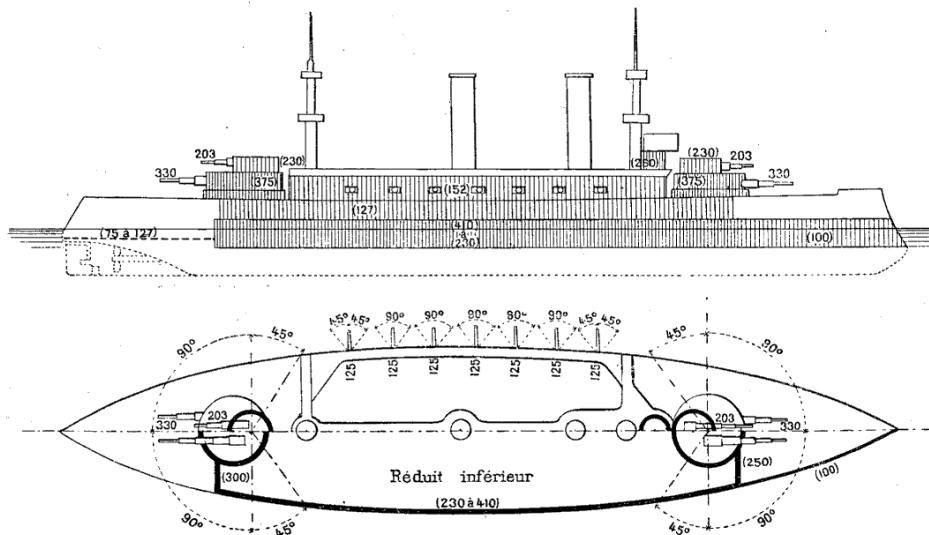


Fig. 73. — *Kearsage*.

La manœuvre des embarcations se fait à l'aide de quatre grues placées deux de chaque bord.

³ *Dimensions.* — Les dimensions principales sont :

Longueur à la flottaison	112 ^m ,25
Largeur	22 mètres.
Tirant d'eau moyen :	7 ^m ,16
— arrière	7 ^m ,60
Déplacement correspondant	11 500 tonnes.

Coque. — La coque est en acier à double fond et divisée en de nombreux compartiments étanches.

Protection. — Au centre du bâtiment, jusqu'à l'aplomb des deux grosses tourelles, règne un caisson blindé formé de plaques verticales ayant 2^m,30 de haut et dont le can supérieur est à 1^m,10 au-dessus de l'eau. L'épaisseur varie depuis 410 au can supérieur jusqu'à 230 au can inférieur situé à 1^m,20 au-dessous de l'eau.

A l'avant de la base de la tourelle avant est située une cloison transversale ayant 250 millimètres d'épaisseur maximum; à l'arrière de la base de la tourelle arrière est une autre cloison dont l'épaisseur maximum est de 300 millimètres.

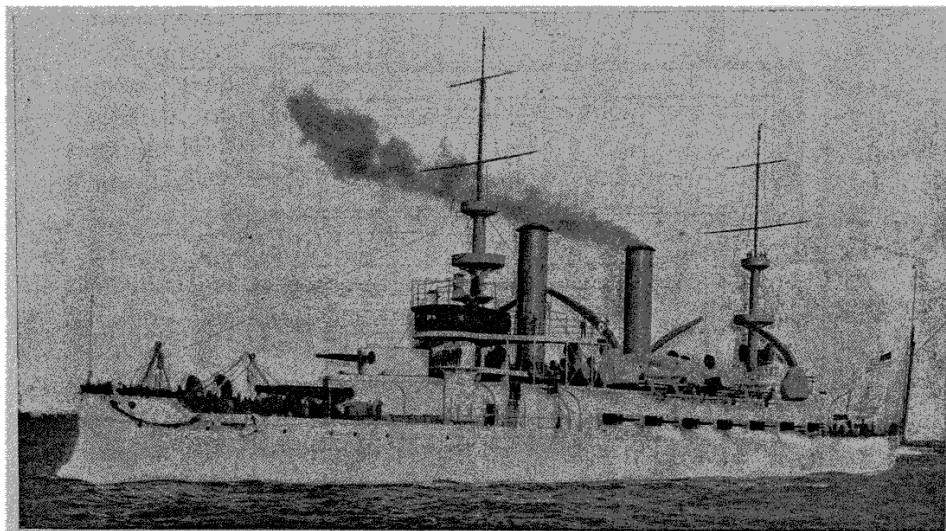


Fig. 74. — *Kearsage*.

Au can supérieur de ces plaques est le pont blindé horizontal de 70 millimètres d'épaisseur. A l'avant et à l'arrière du caisson central, un pont blindé sous-marin, dont l'épaisseur varie de 75 à 127 millimètres, relie les cloisons transversales avec l'étrave et l'étambot. De la traverse avant jusqu'à l'étrave, règne une cuirasse légère de 10 centimètres d'épaisseur et d'environ 2^m,30 de hauteur.

Au-dessus de ce caisson blindé s'élève entre les deux tourelles (comme sur l'*Indiana* et le *Iowa*) un second caisson blindé à 127 millimètres. Mais la cuirasse monte encore, en plus, de la hauteur d'un entrepont, de façon à protéger l'artillerie moyenne qui s'y trouve. La muraille de la batterie est blindée à 152 millim. (1). Des traverses, de 50 millimètres d'épaisseur, séparent les emplacements des pièces.

(1) D'après certaines descriptions, cette cuirasse légère aurait une épaisseur uniforme de 152 millimètres, tant sur le premier entrepont que sur la batterie.

Le poste du commandant est cuirassé à 250 millimètres d'épaisseur.

Le côté le plus caractéristique de ces bâtiments est que les deux grosses tourelles de l'avant et de l'arrière sont à deux étages superposés : l'étage inférieur renfermant deux pièces de 330 millimètres et l'étage supérieur deux pièces de 203 millimètres. Chacune de ces doubles tourelles est constituée par une partie fixe ou barbette ayant 375 millimètres d'épaisseur ; au-dessus, s'élève la partie

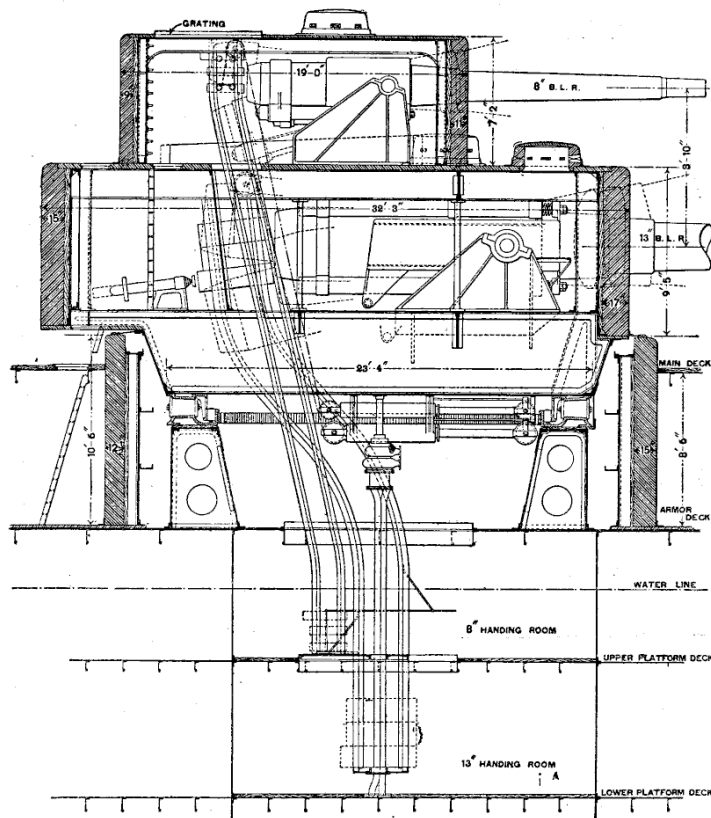


Fig. 75. — *Kearsage*. Tourelles superposées.

tournante ou carapace, dont le premier étage a une épaisseur de 375 millimètres, avec un renfort de 50 millimètres aux embrasures, et dont la partie supérieure, d'un diamètre beaucoup moindre, a une épaisseur de 230 millimètres, avec un renfort de 50 millimètres aux embrasures.

Machines et chaudières. — Deux machines verticales, à triple expansion, dont les cylindres comportent 1^m,20 de course avec des diamètres respectifs de 840 millimètres, 1 275 mètres et 1 950 mètres, développent ensemble 10 000 chevaux à

120 tours. La vitesse prévue, correspondant au tirant d'eau normal, est de 16 nœuds. Au tirage naturel, la vitesse ne sera probablement pas supérieure à 15 nœuds (1).

Les chaudières, placées dans quatre compartiments étanches, ont ensemble une surface de grille de 62 mètres carrés.

L'approvisionnement normal de charbon est de 440 tonnes, mais les soutes permettent d'emporter 1210 tonnes avec un enfoncement supplémentaire de 46 centimètres. On aurait, dans ce cas, une distance franchissable de 6 000 milles à 10 nœuds.

Armement. — L'armement comprend :

4 pièces de 330 millimètres;

4 pièces de 203 millimètres;

14 pièces de 125 millimètres à tir rapide;

20 pièces de 87 millimètres à tir rapide;

6 pièces de 37 millimètres à tir rapide;

4 mitrailleuses;

4 tubes lance-torpilles.

Les pièces de 330 millimètres et de 203 millimètres sont accouplées dans les deux grandes tourelles, les pièces de 330 millimètres à l'étage inférieur, celles de 203 millimètres à l'étage supérieur, avec un même champ de tir de 270°.

Les pièces de 125 millimètres sont dans la batterie cuirassée reposant sur le pont supérieur; elles tirent par le travers seulement, avec un champ de 90°.

La petite artillerie à tir rapide est répartie sur la superstructure et dans les hunes.

Le navire peut ainsi tirer, en chasse directe et en retraite directe :

2 pièces de 330 millimètres;

2 pièce de 203 millimètres.

Par le travers :

4 pièces de 330 millimètres;

4 pièces de 203 millimètres;

7 pièces de 125 millimètres.

Les 4 tubes lance-torpilles sont dans le premier entrepont blindé (2).

Équipage. — L'équipage est actuellement fixé à 520 hommes.

(1) Aux essais, le *Kearsage* a donné au tirage naturel 14,19 nœuds (3 avril 1900) et à pleine puissance 16,84 nœuds (23 septembre 1899).

(2) Certaines descriptions indiquent 4 tubes submergés et un tube à l'avant; nous avons lieu de croire que le tube de l'avant a dû être supprimé et que les 4 tubes sont réellement au-dessus et non au-dessous de l'eau.

ALABAMA

Description générale. — L'*Alabama* et les navires similaires *Wisconsin*, *Illinois*, sont des cuirassés de 1^{re} classe avec deux tourelles mobiles fermées.

Leur construction a été autorisée le 10 juin 1896 et ils ont été lancés, le pre-

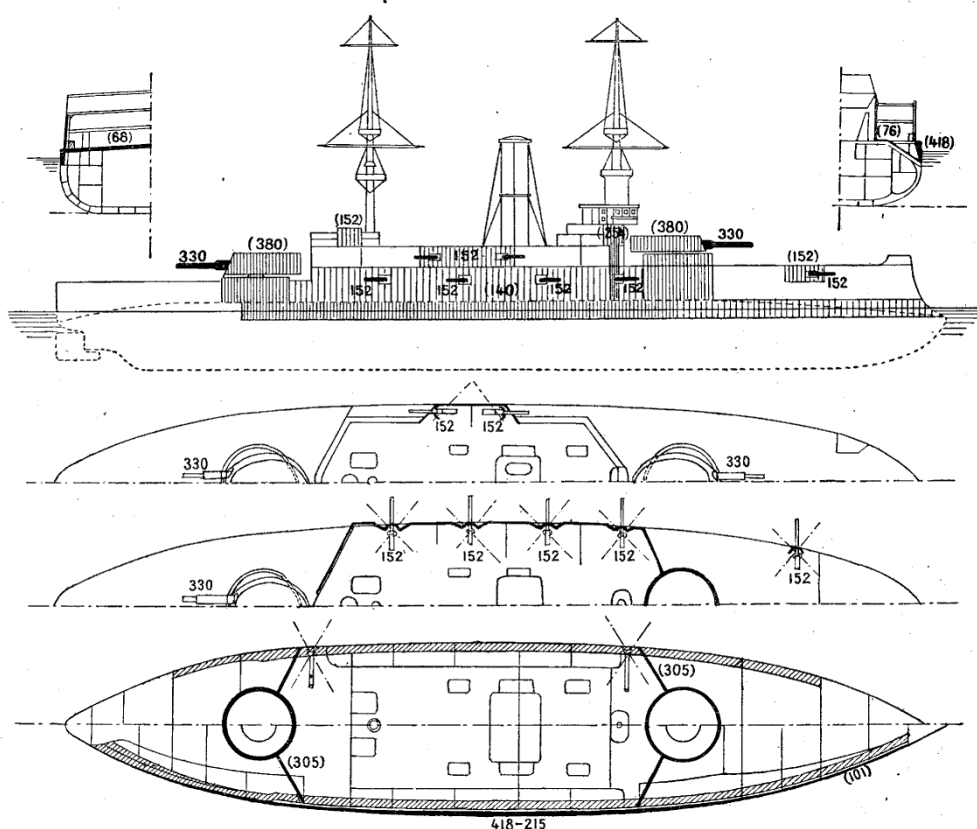


Fig. 76. — *Alabama*.

mier, le 18 mai 1898 (chantiers Cramp de Philadelphie), le second, le 4 octobre 1898 à Newport-News et le troisième, le 26 novembre 1898, à San-Francisco (Union Iron Works).

Ce sont des navires de haut bord. La hauteur de franc-bord est de 6^m,10 à l'avant, 6^m,04 aux flancs; pourtant à l'arrière elle n'est que 4^m,03. Deux mâts militaires, deux cheminées au milieu, de part et d'autre de l'axe.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur totale	113 ^m ,91
— à la flottaison	112 ^m ,17
Largeur	22 mètres.
Tirant d'eau moyen normal (avec 800 tonnes de charbon et les deux tiers des munitions)	7 ^m ,16
Déplacement correspondant	11 700 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond et compartiments étanches.
Quilles latérales.

Le devis général des poids est ainsi établi :

	Tonnes.	Tonnes.
Coque et accessoires	5 000	11 700
Cuirasse	3 400	
Armement et munitions	870	
Équipement et provisions	500	
Machines et chaudières (avec l'eau)	1 430	
Charbon	800	

Protection. — Ceinture d'acier harveyé de 418 millimètres au can supérieur et 213 millimètres au can inférieur; cette ceinture s'élève à 1^m,06 au-dessus de

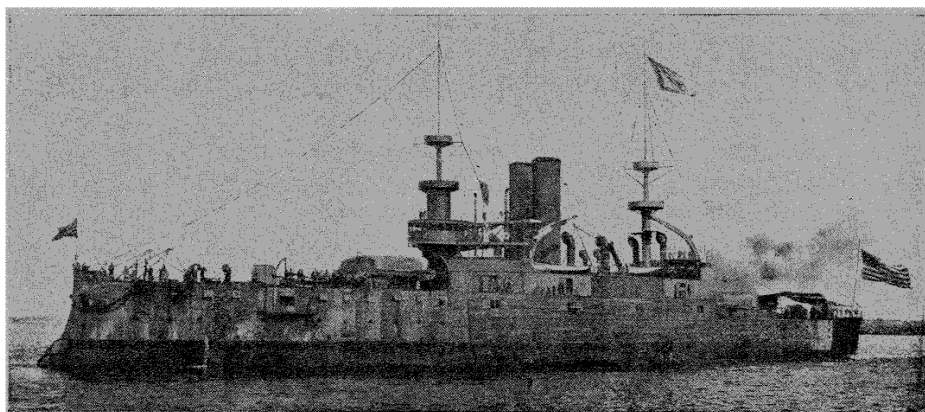


Fig. 77. — *Alabama.*

la flottaison et descend à 1^m,22 au-dessous; elle se prolonge vers l'avant jusqu'à l'étrave mais en diminuant d'épaisseur jusqu'à n'avoir plus que 101 millimètres; à l'arrière elle s'arrête par le travers de la tourelle d'arrière.

Le pont blindé se compose de deux parties : une partie centrale, plate, de 68 millimètres d'épaisseur, couvrant les machines et aboutissant de part et d'autre au can supérieur de la ceinture. En avant et en arrière de cette partie centrale, le pont blindé prend une forme trapézoïdale et les faces inclinées en

abord viennent rejoindre le can inférieur de la cuirasse. Ces parties inclinées sont de 76 millimètres d'épaisseur à l'avant et de 102 millimètres à l'arrière, sans doute pour tenir compte de l'absence de ceinture sur ce point.

Des cloisons obliques de 305 millimètres d'épaisseur relient la ceinture aux tourelles et délimitent le passage du pont plat au pont trapézoïdal.

Au-dessus de la ceinture principale s'élève, jusqu'au pont des gaillards, un blindage à 140 millimètres protégeant les canons de 152 et complété par deux traverses de même épaisseur placées au-dessus des précédentes et ayant même forme; des cofferdams remplis de cellulose, larges de 90 centimètres et montant jusqu'à 2 mètres au-dessus de la flottaison règnent derrière cette petite cuirasse et s'étendent presque jusqu'aux extrémités du bâtiment.

Les tourelles, du type Hichborn balancé (le centre de gravité du système

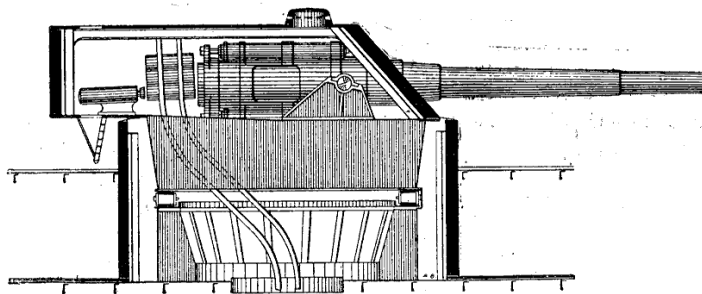


Fig. 78. — *Alabama*. Tourelle.

tournant se trouve sur l'axe de rotation), de forme elliptique, sont placées dans l'axe, aux extrémités de la citadelle, en dehors des traverses; elles sont blindées à 380 millimètres (au pied des embrasures, l'épaisseur atteint 430 millimètres); les parties fixes et le monte-charges ont la même protection, sauf du côté des traverses, où l'épaisseur est réduite à 250 millimètres.

La tourelle d'avant est plus élevée que celle d'arrière qui se trouve au niveau du pont principal; les murailles des parties mobiles sont légèrement inclinées, sauf du côté des culasses où elles sont verticales.

Le blockhaus est blindé à 254 millimètres et, à l'arrière, il y a, pour l'amiral, un poste d'observation blindé à 152 millimètres.

Machines et chaudières. — Deux paires de machines verticales à triple expansion, d'une puissance collective d'environ 10 000 chevaux à 120 tours, et devant assurer au navire une vitesse de 16 nœuds. Les diamètres des cylindres sont 0^m,850, 1^m,295, 1^m,981; la course des pistons est de 1^m,219.

Ces machines sont placées dans deux compartiments séparés par une cloison étanche longitudinale. Il y a huit chaudières simples avec chacune quatre foyers

de 1 mètre de diamètre, réparties dans quatre compartiments étanches et desservies par deux cheminées placées symétriquement par rapport à l'axe du navire; ces chaudières, à retour de flamme, ont 3^m,028 de longueur sur 4^m,73 de diamètre; elles donnent de la vapeur à 12^{kg},6. La surface de chauffe est de 1968 mètres carrés et la surface de grilles de 63^{m²},6.

L'approvisionnement normal de charbon est de 800 tonnes, mais il peut être porté à 1 500.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 330 millimètres placés par paires dans les deux tourelles, avec champ de tir de 135° de chaque côté de l'axe et commandement de 8 mètres à l'avant et de 5^m,79 à l'arrière;

8 canons de 152 millimètres à tir rapide, sur le pont principal, derrière le blindage de 140, avec commandement de 4^m,68 et champ de tir de 90°. Des pare-éclats de 38 millimètres sont établis entre les pièces normalement à la muraille du navire; les pièces portent des masques de 75 millimètres;

4 canons de 152 millimètres à tir rapide, groupés par deux, à bâbord et à tribord au milieu du navire, sur le pont supérieur, au niveau de la tourelle avant, tirant en chasse ou en retraite et par le travers sous un angle de 135° à partir de la parallèle à l'axe. La hauteur moyenne de ces pièces, au-dessus de la flottaison, est de 6^m,93. Ces pièces sont protégées par un blindage de 152 millimètres et, sur chaque bord, séparées par une cloison pare-éclats de 43 millimètres;

2 canons de 152 millimètres à tir rapide, sur le pont principal, à l'avant, tirant en chasse et par le travers; champ de tir, 90°, commandement 4^m,68; protégés par des boucliers de 152 millimètres;

16 canons à tir rapide de 57 millimètres;

4 canons à tir rapide de 37 millimètres;

2 canons Colt.

Il y a 4 tubes lance-torpilles, deux de chaque côté au milieu, protégés par la ceinture.

Équipage de 489 hommes.

MAINE

Description générale. — Les trois nouveaux cuirassés, le *Maine*, l'*Ohio* et le *Missouri*, sont en chantier: le premier chez Cramp à Philadelphie, le deuxième à San-Francisco à l'Union Iron Works, le troisième à Newport. Ces trois navires, étudiés par M. Melville, auront mêmes dimensions, même protection, même artillerie et même vitesse, mais toute latitude a été laissée aux constructeurs pour le choix des chaudières, des appareils auxiliaires, etc.

Comme aspect général, ces navires ressembleront beaucoup à l'*Illinois*.

Voici le devis sommaire des poids :

	Tonnes.
Coque et accessoires	4 920
Cuirasse	2 980
Pont blindé.	610
Armement et munitions	1 090
Machinerie, avec l'eau	1 400
Équipement	200
Provisions	300
Charbon	1 000
	12 700

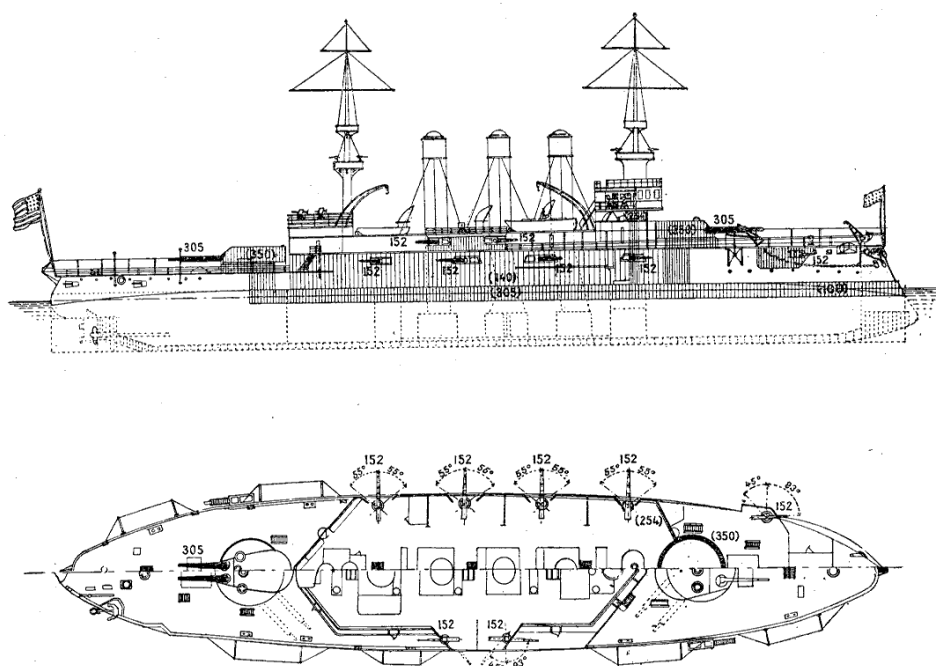


Fig. 79. — *Maine*. Les casemates contenant les pièces de 152 de chasse sont blindées à 140 millimètres.

Dimensions. — Les principales dimensions sont :

Longueur à la flottaison	118 ^m ,26
— totale	120 ^m ,40
Largeur	21 ^m ,95
Tirant d'eau moyen (avec 2 000 tonnes de charbon).	7 ^m ,77
— (avec 1 000 — — — — —)	7 ^m ,27
Déplacement (avec 2 000 tonnes de charbon).	13 700 tonnes.
Hauteur métacentrique correspondant au tirant d'eau de 7 ^m ,77.	1 ^m ,28
Déplacement avec 1 000 tonnes (déplacement aux essais)	12 700 tonnes.
Section du maître couple	132 ^{m²} ,03

Coque. — La coque est en acier, avec double fond compartimenté; de nombreuses cloisons divisent également le navire en compartiments étanches. La hauteur du franc-bord est de 6^m,10 à l'avant, 6^m,20 par le travers et de 4 mètres seulement à l'arrière. Deux mâts militaires; trois cheminées dans l'axe entre les mâts.

Protection. — La protection est assurée ainsi qu'il suit :

Ceinture partielle de 2^m,30 de haut dont 1^m,06 au-dessus de la flottaison correspondant au tonnage de 12 700 tonnes. Cette ceinture commence à peu près à la hauteur du centre de la tourelle arrière et s'étend jusqu'à l'étrave; elle a 305 millimètres d'épaisseur au-dessus de la flottaison et, au-dessous, l'épaisseur diminue jusqu'à 203 millimètres. De la tourelle avant à l'étrave, l'épaisseur de la ceinture diminue rapidement jusqu'à une épaisseur uniforme de 100 millimètres. Des traverses obliques de 254 millimètres relient la ceinture aux parties fixes des deux tourelles.

Pont plat blindé à 68 millimètres et formant caisson, au can supérieur de la ceinture; aux extrémités, ce pont prend la forme trapézoïdale avec 73 millimètres d'épaisseur sur les faces inclinées, et 45 millimètres pour les parties horizontales; à l'avant, ces épaisseurs sont réduites à 50 millimètres et 30 millimètres.

Au-dessus de la ceinture, un blindage de 140 millimètres protège la batterie entre les deux tourelles jusqu'au pont supérieur; ce blindage est complété par des traverses qui, à l'avant, s'élèvent au-dessus des traverses du réduit inférieur, et à l'arrière, laissent tout à fait en dehors la tourelle arrière.

Les tourelles sont prévues avec blindage de 350 millimètres, et le blockhaus avec blindage de 254 millimètres.

Le poids total de la cuirasse de flanc sera de 2 930 tonnes, et celui du pont blindé de 600 tonnes, soit au total 3,530 tonnes, le tout en acier traité par le procédé Krupp.

Machines et chaudières. — Deux machines à triple expansion et trois cylindres, placées dans des compartiments séparés et agissant sur deux hélices. Les diamètres des cylindres ont 0^m,977, 1^m,499 et 2^m,337, avec course commune des pistons de 1^m,067. Les cylindres HP sont en avant, les cylindres BP en arrière. La puissance totale sera de 16 000 chevaux au régime d'environ 126 tours à la minute.

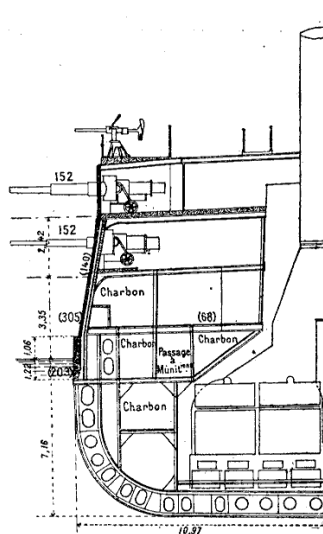


Fig. 80. — Demi-coupe transversale.

Vingt-quatre chaudières Niclausse, timbrées à $17^{\text{kg}},6$; cette pression est réduite à 14 kilogrammes pour les machines. Les chaudières sont réparties en trois groupes de huit chacun; chaque groupe est subdivisé par la cloison longitudinale centrale. Chaque chaudière comprend quinze éléments de 24 tubes, soit au total 360 éléments et 8 640 tubes. La surface de chauffe sera de 5 398 mètres carrés, et la surface de grille de $125^{\text{m}},3$.

Trois cheminées dont le sommet s'élève à $30^{\text{m}},50$ au-dessus des grilles. Des souffleurs seront installés pour le tirage forcé.

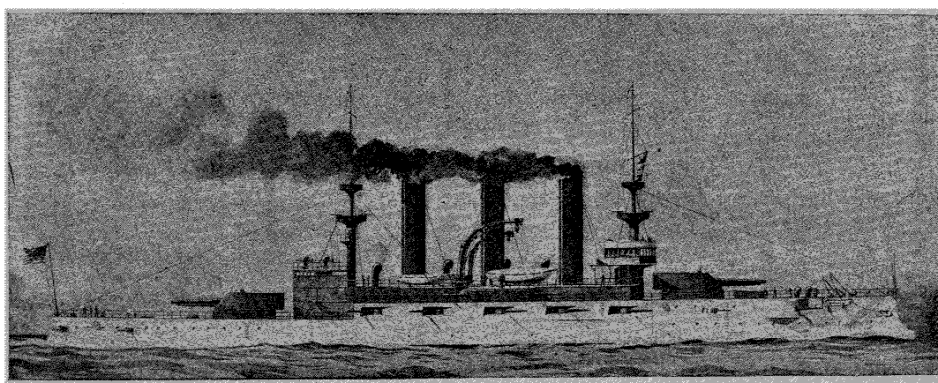


Fig. 81. — *Maine*.

L'approvisionnement de charbon est de 1 000 tonnes; il peut être porté à 2 000 tonnes.

La vitesse prévue est de 18 nœuds.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 305 millimètres lançant, avec de la poudre sans fumée, des boulets de 385 kilogrammes; ces canons sont placés par paires dans les deux tourelles balancées, de forme elliptique, avec champ de tir de 280° et commandement de $7^{\text{m}},95$ à l'avant et de $5^{\text{m}},70$ à l'arrière;

14 canons de 152 millimètres, à tir rapide ainsi répartis : 8 sur le pont principal, dans la batterie, avec champ de tir de 110° et commandement de $4^{\text{m}},57$; ces canons sont pourvus de masques et séparés les uns des autres par des traverses de 43 millimètres; 2 sur le pont principal en avant de la tourelle avant, en casemates, tirant en chasse, et enfin 4 sur le pont supérieur en casemates blindées accolées, au centre du navire, sur chaque bord, avec commandement de $6^{\text{m}},80$, pouvant tirer en chasse (ou en retraite) et par le travers jusqu'à 135° de l'axe; toutes les casemates sont blindées à 140 millimètres.

20 canons de 57 millimètres;

6 canons de 37 millimètres;

4 canons Gatling.

2 tubes lance-torpilles sous-marins.

L'équipage prévu est de 515 hommes.

GEORGIA

Le Congrès des États-Unis a approuvé, le 3 mars 1899, un nouveau programme d'augmentation de la flotte américaine. Ce programme comprend :

3 cuirassés de 13 500 tonnes : *New Jersey*, *Georgia* et *Pennsylvania*.

3 croiseurs cuirassés de 12 000 tonnes : *California*, *Nebraska* et *West Virginia*.

3 croiseurs protégés de 6 000 tonnes.

6 croiseurs protégés de 3 500 tonnes : *Chattanooga*, *Cleveland*, *Denver*, *Des Moines*, *Galveston* et *Tacoma*.

Les dimensions principales des cuirassés sont, d'après le *Scientific American* (17 novembre 1900) :

Longueur à la flottaison.	132 ^m ,58
Largeur extrême	23 ^m ,16
Tirant d'eau d'essai (avec 900 ^k de charbon) . .	7 ^m ,32
Déplacement correspondant.	13 000 tonnes.
Tirant d'eau à pleine charge, environ.	7 ^m ,92

Coque. — Coque en acier, à double fond; compartiments étanches. Le bois, dont l'usage a été réduit le plus possible, est ignifugé; seul le pont principal est planchéié, les autres ponts sont simplement pourvus d'un revêtement en linoléum.

Jusqu'à 1 mètre environ au-dessus de la flottaison, la coque en acier a été garnie d'un fort revêtement en pin sur lequel a été appliqué un doublage en cuivre.

Franc bord élevé: sa hauteur est de 6^m,10 uniformément. Éperon.

Deux mâts militaires; trois cheminées dans l'axe entre les mâts.

Protection. — Ceinture en acier Krupp, de 2^m,44 de hauteur dont 1^m,52 au-dessous de la flottaison à pleine charge. La ceinture principale, qui règne sur 58^m,52 de longueur, au droit des machines et chaudières, a 279 millimètres du can supérieur jusqu'à 1^m,52 au-dessous; plus bas, elle s'amincit jusqu'à n'avoir plus que 203 au can inférieur. Cette ceinture est prolongée jusqu'à l'avant et à l'arrière par des blindages d'épaisseurs décroissantes; vers l'avant on trouve successivement : sur 18^m,30 un blindage de 229-152; sur 5 mètres à la suite, 152-102; sur 5^m,18, 127-102 et au delà, jusqu'à l'avant, 102; vers l'arrière on trouve : sur 9^m,75, un blindage de 229-152; sur 5 mètres, 152-102; sur 5^m,18, 127-102; puis 102 jusqu'à l'arrière.

Au-dessus de la ceinture principale, une ceinture de 152 protège, sur 75 mètres de long, la batterie des pièces de 152 millimètres.

Deux tourelles à deux étages superposés comme celles du *Kearsage*, dans l'axe, une à l'avant et une à l'arrière, blindées à 254 avec plaques de 279 pour les faces avant, légèrement inclinées sur la verticale. Deux tourelles circulaires latérales vers le milieu du navire, blindées à 152.

Des traverses relient la ceinture principale et la ceinture de 152 aux tourelles principales de l'avant et de l'arrière.

Pont blindé en dos de tortue, de 38 millimètres au-dessus des machines, de 76 à l'avant et à l'arrière, où il s'infléchit d'une façon prononcée. Une ceinture de cellulose de 0^m,91 d'épaisseur règnera en flancs au-dessus du pont blindé.

Machines. — Deux machines à triple expansion et quatre cylindres devant donner une puissance totale maximum de 19 000 chevaux-vapeur au régime de 120 tours à la minute.

Vingt-quatre chaudières aquitubulaires réparties en six compartiments étanches donnant la vapeur à 17^k,5.

La vitesse doit être de 19 nœuds aux essais; le gouvernement s'est réservé la faculté de refuser le navire si elle n'atteint pas au moins 18 nœuds.

L'approvisionnement de charbon est de 1 900 tonnes au maximum.

Artillerie. — L'artillerie comprend :

4 canons de 305 millimètres (40 calibres), placés par paires dans la partie inférieure des tourelles, avec champ de tir de 270°, tirant 2 coups en trois minutes;

8 canons de 203 millimètres (45 calibres), dont 4 à l'étage supérieur des tourelles au-dessus des pièces de 305 et se mouvant avec elles, et 4 en flanc (1 paire de chaque bord) sur le pont principal, dans des tourelles similaires à celles placées au-dessus des tourelles principales, mais indépendants; dans les tourelles latérales, le champ de tir est de 145° depuis la chasse directe jusqu'à 55° en retraite. Les pièces peuvent tirer 6 coups en cinq minutes;

12 canons de 152 millimètres, tir rapide, dont 2 sur le pont supérieur, à l'arrière, avec champ de tir de 145° depuis la retraite directe jusqu'à 55° en chape, et 10 en flancs, sur le pont principal, avec champ de tir de 110° (55° de chaque côté), sauf pour les deux pièces d'avant, dont le champ de tir s'étend jusqu'à la chape directe, soit 145°. Ces 10 canons sont réunis par paires séparées par des cloisons de 63 en acier au nickel; chaque canon est pourvu d'un masque;

12 canons de 76 millimètres, à tir rapide;

12 canons de 57 millimètres, à tir rapide;

8 canons de 37 millimètres, à tir rapide.

Il y aura 2 tubes lance-torpilles sous-marins, un de chaque bord, en avant.

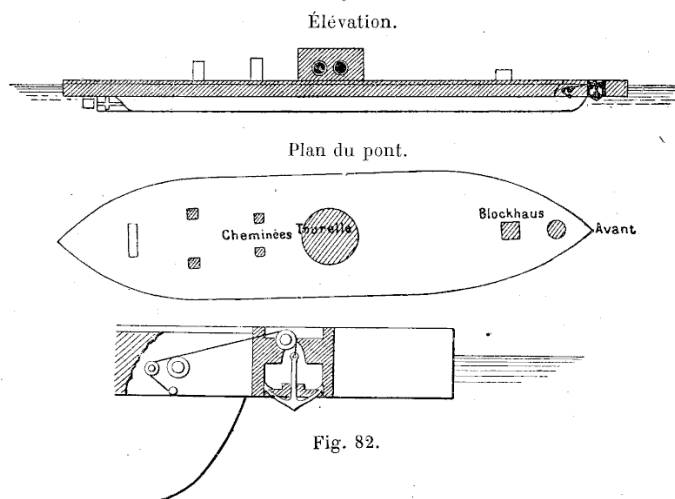
Ces navires porteront pavillon amiral et auront des équipages de 703 hommes.

MONITORS

PREMIERS MONITORS

C'est en 1854, durant la guerre de Crimée, que le capitaine Jean Ericsson, désireux de participer à l'écrasement de la Russie, l'ennemie héréditaire de sa patrie la Suède, présenta à Napoléon III les plans d'un navire de forme spéciale, invulnérable aux coups de l'artillerie. Ses idées ne furent toutefois mises en pratique qu'au moment de la guerre de Sécession.

Les Sudistes avaient converti une frégate en bois de 40 canons et 3 500 tonnes, le *Merrimac*, en un navire avec casemate blindée. C'est pour répondre à ce navire que les Confédérés du Nord construisirent le *Monitor* qui tint victorieusement



tête à son adversaire le 9 mai 1862 dans l'engagement mémorable de la baie de Chesapeake et sauva de la ruine la flotte confédérée du Nord, incapable de résister à l'adversaire cuirassé.

La quille du *Monitor* fut posée le 25 octobre 1861, le lancement eut lieu le 30 janvier 1862, et le 15 février 1862, le navire était prêt. C'était une sorte de radeau mesurant 52^m,40 de long, 12^m,65 de large et fixé sur une coque en fer d'environ 38 mètres de long sur 10^m,36 de large, avec un enfoncement de 3^m,20 seulement.

Le radeau était formé d'une bordure intérieure en fer et d'un bordé en chêne blanc recouvert de 6 plaques de fer forgé de 25 millimètres. La saillie du radeau hors de l'eau était d'environ 0^m,60. Le pont était de même recouvert d'une plaque semblable ; quant à l'ancre et au propulseur, ils se trouvaient

abrités par les saillies de la plate-forme sur la coque. L'ancre descendait dans un puits couvert, au-dessous du radeau blindé d'avant; elle était manœuvrée par un guindeau à engrenage logé dans la coque.

Au centre de la plate-forme, se trouvait une tourelle cylindrique de 6^m,10 de diamètre et 2^m,74 de hauteur, pouvant tourner autour d'un pivot central fixé sur le fond du bateau. Cette tourelle était protégée par huit plaques de fer de 25 millimètres superposées et le toit était en fer laminé avec orifice d'accès dans la tourelle. Deux sabords, à 1^m,83 au-dessus du pont, laissaient passer, d'un même côté, deux canons de 279 millimètres, lançant des boulets de 60 à 80 kilogrammes avec une charge de poudre de 6^{kg},800. Ces canons étaient montés sur des chariots se

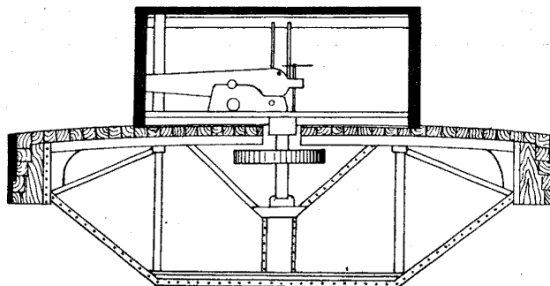


Fig. 83. — Premier Monitor d'Ericsson. Coupe transversale.

mouvant dans des rainures en fer forgé traversant la tourelle. La machine, pour la rotation de la tourelle, était à double cylindre; elle actionnait un pignon engrenant avec une roue dentée de 1^m,97 de diamètre, fixée sur le pivot. La circonférence de la tourelle glissait sur un chemin ménagé sur le pont.

Les canons pouvaient bien être dirigés dans toutes les directions, mais leur tir vers l'avant était gêné par le blockhaus que, plus tard, on a placé sur la tourelle même; de même la cheminée gênait pour le tir vers l'arrière. Le blockhaus faisait saillie de 1^m,20 et était protégé à 225 millimètres; il était de section carrée et pouvait à peine contenir 3 hommes.

L'amiral Paris donne la description générale suivante d'un monitor américain construit d'après les plans de la marine des États du Nord :

Les dimensions principales sont :

	Mètres.
Longueur extrême en dehors de la cuirasse.	61,00
— à la flottaison.	57,95
— de l'étrave à l'étambot	48,50
Largeur en dehors de la cuirasse.	14,03
Largeur du bateau proprement dit	11,49
Creux au milieu.	3,61
Bouge du pont mesuré au plat-bord.	0,305
Distance de l'étrave à l'extrémité du bateau proprement dit.	3,28
Distance de l'étambot à l'extrémité.	6,17

La cuirasse était formée de cinq couches de fer de 126 millimètres d'épaisseur totale; les trois plaques extérieures avaient 1^m,52 de large et s'étendaient depuis le haut du pont jusqu'au sommet de la bande qui faisait le tour du navire; la quatrième plaque n'avait que 0^m,90 en partant du haut, et la cinquième, 0^m,75. La cuirasse était placée sur un massif formé de blocs de chêne de 0^m,432 sur 0^m,305.

Tourelle vers l'arrière avec manœuvre à bras, montée sur galets et non plus sur pivot central. La protection de cette tourelle est assurée par une cuirasse formée d'une double plaque de fer appliquée sur matelas en bois; la partie supé-

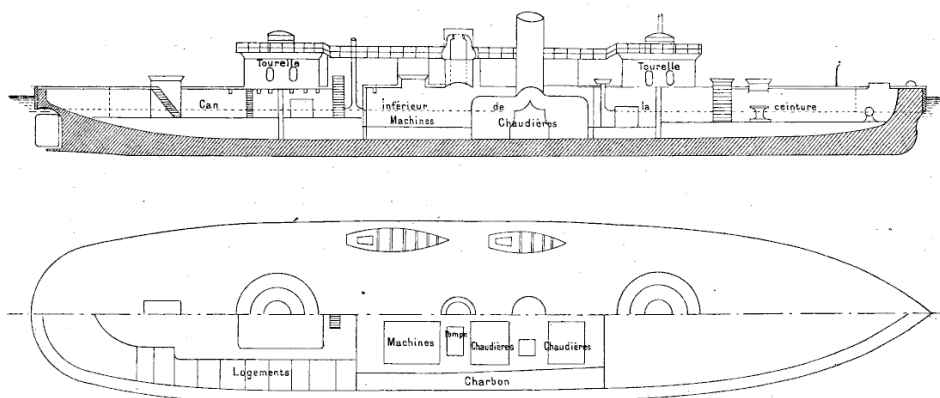


Fig. 84. — *Miantonomoh*.

rieure est encore ajourée. Cette tourelle avait un diamètre extérieur de 5^m,72 pour permettre la rentrée complète du canon.

Le premier *Miantonomoh* fut construit en 1864 avec coque en bois; ses principales dimensions étaient :

Longueur totale	79 ^m ,30
Largeur	15 ^m ,25
Tirant d'eau	4 ^m ,27

Pas de mât; saillie de 0^m,60 seulement du pont au-dessus de l'eau; deux cheminées.

Ceinture totale de 150 millimètres régnant sur 2^m,10 de hauteur. Pont plat formé d'une tôle de 12 millimètres et demi comprise entre deux platelages en bois de 150 millimètres.

Deux tourelles mobiles autour d'un axe vertical (une à chaque extrémité) et blindées à 250 millimètres en dix plaques de 25. Ces tourelles étaient percées de deux sabords de forme elliptique de 1^m,20 de hauteur et 0^m,65 de largeur, pou-

vant être fermé de l'intérieur par une pièce de fer coudée en vilebrequin et mobile autour d'un axe vertical. Le sommet des tourelles n'était fermé que par

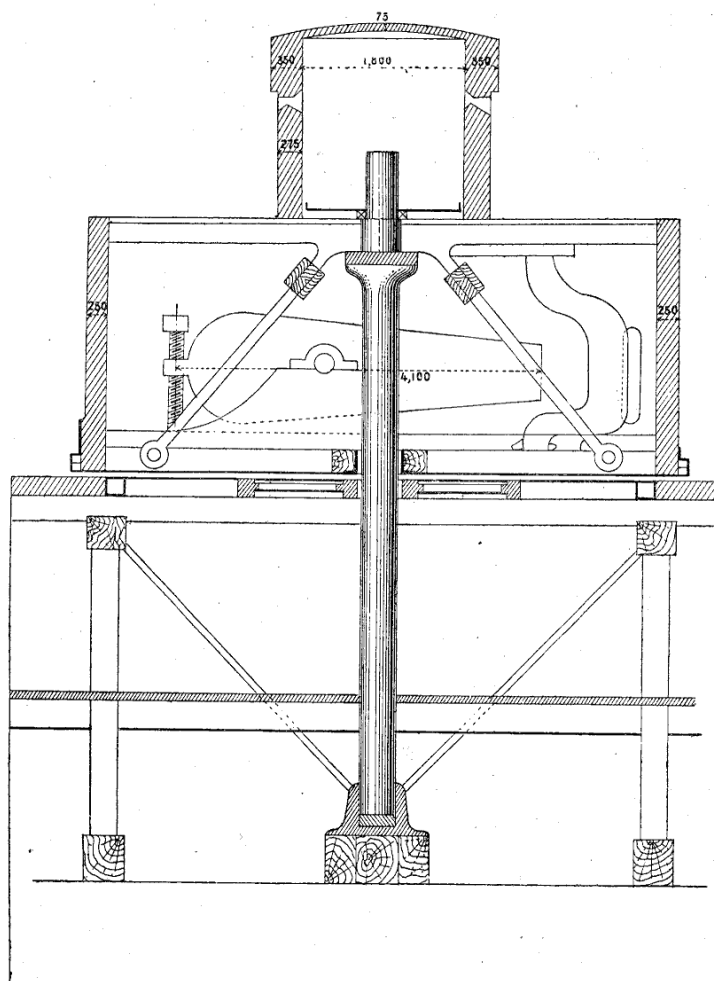


Fig. 85. — *Miantonomoh*. Coupe transversale d'une tourelle.

une simple tôle de 12 millimètres percée de trous et portée par des barres de fer assemblées sur un collier entourant le pivot. En temps ordinaire, les tourelles reposaient sur le pont et ne pouvaient être mises en marche; pour le combat, il fallait les soulever d'abord en appuyant sur une clavette en forme de coin placée dans la crapaudine; cette manœuvre, très pénible, libérait la tourelle et permettait de faire agir le moteur.

Au-dessus de chaque tourelle, un réduit fixe de 2 mètres de haut et 1^m,80 d'intérieur où se tenait l'officier; ce réduit était pourvu de huit meurtrières horizontales de 0^m,30 de largeur et 0^m,02 de hauteur.

Deux machines à deux cylindres de 0^m,75 de diamètre, avec bielle en retour et course du piston de 0^m,086. Deux hélices de 3^m,66 de diamètre et 5^m,49 de pas, à quatre ailes; quatre chaudières à quatre foyers avec tubes verticaux renfermant l'eau.

La vitesse maximum était de 9 nœuds; ce monitor mit 10 jours 18 heures à effectuer la traversée de Saint-Jean de Terre-Neuve à Queenstown. Il y avait deux canons de 38 millimètres dans chaque tourelle.

160 hommes d'équipage.

Le *Miantonomoh* fut reconstruit une première fois à Chester et lancé en décembre 1876. Voici quelles étaient les principales caractéristiques du nouveau navire :

Longueur totale.	79 ^m ,86
Longueur entre perpendiculaires.	76 ^m ,65
Largeur	17 ^m ,65
Tirant d'eau moyen.	4 ^m ,30
Déplacement.	4 570 tonnes.

Double coque en fer. Éperon de 0^m,90.

Ceinture de 2 mètres de hauteur dont 1^m,20 au-dessous de l'eau; épaisseur maximum de 178 millimètres au milieu, à la flottaison, s'amointrissant jusqu'à 127 à l'avant et 70 à l'arrière.

Pont blindé à 45 millimètres.

Deux tourelles tournantes de 6^m,90 de diamètre extérieur, blindées à 305 s'élevant à 2^m,80 au-dessus du pont. Blockhaus blindé à 254 millimètres, de 2^m,15 de diamètre et 1^m,90 de hauteur.

Machines compound de 2 500 chevaux. Deux hélices;

Six chaudières cylindriques timbrées à 4^{kg},200;

Approvisionnement de 600 tonnes de charbon;

Vitesse maximum : 12 nœuds.

L'artillerie se composait de 4 canons de 254 avec 2^m,50 de commandement (deux dans chaque tourelle).

Ce même navire a été refondu à nouveau en 1889, on trouvera ses éléments actuels au tableau suivant (1), qui donne les éléments principaux de quelques monitors maintenus en service :

(1) Établi d'après l'*Aide-mémoire de l'officier de marine* de DURASSIER, 1899, et *Naval Annual* de BRASSEY, 1899.

Premiers monitors.

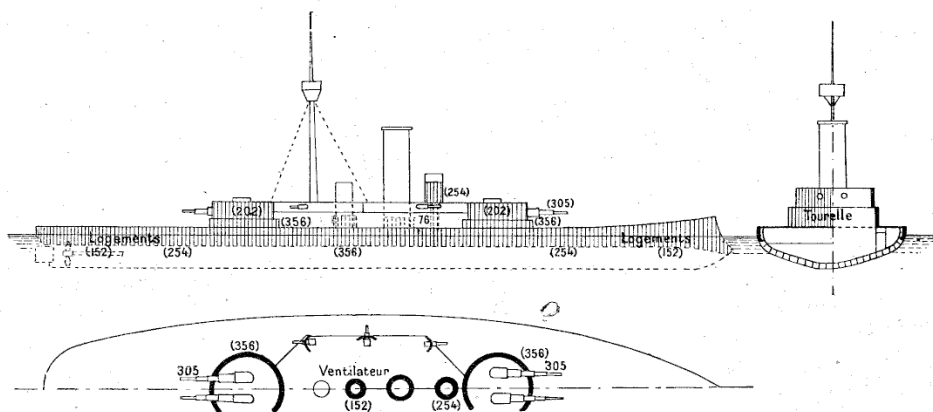
NOMS.	LIEU de CONSTRUCTION.	DATE DU LANCEMENT.	MATÉRIAUX.	DIMENSIONS.				PROTECTION.			MACHINES.				ARMEMENT.	TUBES LANCE-TORPILLES.	ÉQUIPAGES.
				LONGUEUR.	LARGEUR.	TIRANT D'EAU.	DÉPLACEMENT correspondant.	AUX CÔTÉS.	TOURELLES.	PONT.	HÉLICES.	PUISSANCE maximum.	VITESSE maximum.	APPROVISIONNEMENT de charbon.			
Ajax	Pittsburg.	1865	Fer.	mèt. 69	mèt. 13	mèt. 4,11	tonnes. 2 100	mm. 127	mm. 254	mm. 25	1	ch. vap. 450	6	tonnes. 160	II de 380 mm.	»	105
Canonicus . .	Boston.	1864															
Mahomac . .	Jersey City.	1865															
Manhattan . .	Id.	1865	Fer.	69	13	4,11	2 100	127	254	25	1	450	6	160	II de 380 mm. II de 76.	»	106
Wyandotte . .	Cincinnati.	1864															
Catskill . . .	Brooklyn.	1863															
Montauk . . .	Id.	1864															
Nahant	Boston.	1863															
Nantucket . .	Id.	1863	Fer.	61	14	3,50	1 875	114	279	25	1	340	6	160	Id	»	105
Passaic	Brooklyn.	1863															
Jason	Chester.	1864															

MONITORS MODERNES

AMPHITRITE, MIANTONOMOH, MONADNOCK, MONTEREY, PURITAN et TERROR

Description générale. — Tous ces bâtiments sont du même type, ils ne diffèrent entre eux que par leurs superstructures qui, sur le *Miantonomoh*, sont réduites au minimum.

Ce sont des navires relativement larges et plats, presque entièrement immergés. Leur plat-bord n'est qu'à une soixantaine de centimètres environ au-dessus de leur ligne de flottaison. Ils ont tous de grandes hauteurs métacentriques, ce qui leur donne des roulis assez rapides (six à huit secondes environ).

Fig. 86. — *Puritan*.

Mais dès que le mouvement présente assez d'amplitude pour immerger le pont, le bâtiment devient relativement beaucoup plus stable à chaque oscillation : le travail considérable effectué pour faire émerger le pont couvert d'eau, la brusque diminution du couple de redressement au moment où le bord s'enfonce assez pour noyer le pont, tendent tous deux à diminuer le roulis et à maintenir le bâtiment droit. Il en résulte que, par gros temps, c'est bien moins l'instabilité de plate-forme de tir que l'embarquement de forts coups de mer qui gêne le maniement de la grosse artillerie placée dans des tourelles reposant directement sur le pont, et ayant par conséquent un faible commandement au-dessus de la mer. Il en résulte également que la ceinture cuirassée, très étroite, ne risque guère d'émerger complètement.

Les monitors ont, de bout en bout, un caisson cuirassé constitué par une ceinture moins épaisse aux extrémités qu'au milieu du bâtiment, et par le pont cuirassé horizontal, — c'est le pont même du navire, — au can supérieur de la

cuirasse. Les deux grosses tourelles avant et arrière sont fortement blindées ainsi que le poste du commandant. Le tube-support de ce poste, la base de la cheminée et la base de la prise d'air principale des ventilateurs sont également blindés.

Les monitors sont donc parfaitement disposés pour résister à l'artillerie, surtout à l'artillerie moyenne à tir rapide capable de faire chavirer et couler la plupart des cuirassés de combat. Tant que leur ceinture cuirassée est intacte, ils sont assurés de ne pas chavirer, de ne pas couler, de naviguer et de combattre. Leur faible tirant d'eau leur donne de grandes facilités pour opérer dans le golfe du Mexique, le long des côtes du Nouveau Monde.

Leurs défauts sont d'avoir peu de charbon, — sauf le *Puritan*, — peu de

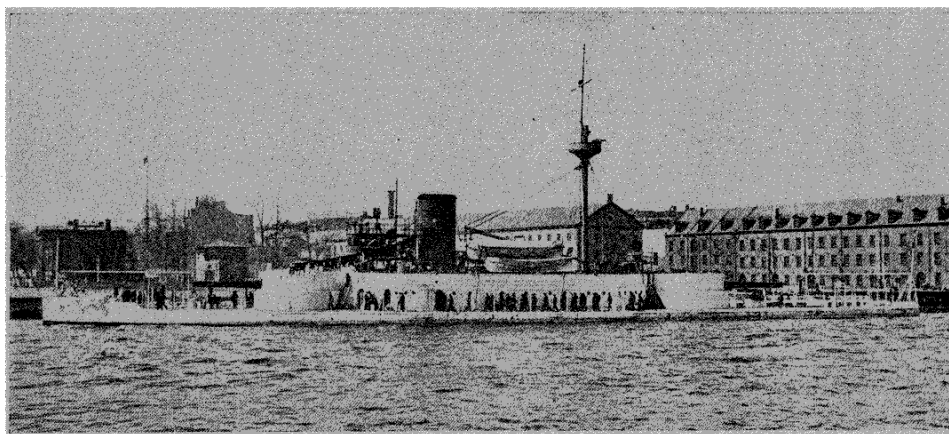


Fig. 87. — *Puritan*.

vitesse, des qualités nautiques insuffisantes, et de ne pouvoir utiliser leur grosse artillerie avant quand la mer est mauvaise.

Enfin, et c'est là le point le plus grave, leur artillerie moyenne à tir rapide et leur petite artillerie à tir rapide sont insuffisantes et n'ont aucune espèce de protection : il en résulte que si le feu de l'ennemi ne peut que très difficilement leur infliger des avaries majeures, il peut néanmoins, en détruisant toutes leurs parties non blindées, les mettre à la merci des torpilleurs contre lesquels la grosse artillerie ne donne qu'une protection insignifiante.

Comme exemple, nous donnons les quelques détails suivants sur le *Puritan*,

Coque. — La coque est en fer à double fond et subdivisée en nombreux compartiments étanches.

Protection. — La ceinture cuirassée à une hauteur de 1^m,70, dont 0^m,63 au-dessus de l'eau. Au milieu du navire, sur une longueur de 48^m,80, l'épaisseur est

de 356 millimètres depuis le can supérieur jusqu'à 300 millimètres au-dessous de l'eau; de là elle diminue jusqu'au can inférieur où elle n'est plus que de 152 millimètres. Pendant 6^m,10 à l'avant et à l'arrière de cette partie centrale, le maximum d'épaisseur est de 254 millimètres; le reste de la cuirasse, à l'avant et à l'arrière, n'a plus que 152 millimètres. Le pont horizontal a 51 millimètres d'épaisseur. Les barbettes ou parties fixes des tourelles ont 356 millimètres et 2^m,13 de hauteur. Les tourelles ou carapaces tournantes ont 203 millimètres. Le mécanisme est hydraulique. Le blockhaus du commandant, protégé à 254 millimètres, est relié au pont par un tube de 76 millimètres. La base de la cheminée et la base de la prise d'air du ventilateur principal sont cuirassées à 152 millimètres.

Machines et chaudières. — Deux machines horizontales compound actionnent chacune une hélice; leur course est de 1^m,067. Les diamètres des cylindres, de 1^m,27 et de 2^m,085. Avec une vitesse de 65 tours à la minute, elles développent 3700 chevaux et donne au navire une vitesse de 12ⁿ,4 avec le tirage forcé en cendrier clos.

Huit chaudières à retour de flamme et simple façade, fonctionnant au tirage forcé en cendrier clos, sont timbrées à 5^{kg},7.

L'approvisionnement du charbon est de 516 tonnes, ce qui donne au navire un rayon d'action sérieux.

Armement. — L'armement principal se compose de quatre pièces de 305 millimètres accouplées dans les deux tourelles d'avant et arrière.

L'artillerie moyenne à tir rapide comprend :

6 pièces de.	102 millimètres.
6 pièces de.	57 —
2 pièces de.	37 —

La seule protection est constituée par les boucliers légers des pièces de 102 millimètres. Deux monte-charges électriques non protégés en assurent le service.

Équipage. — L'équipage comprend 230 hommes : sauf les officiers supérieurs, ils sont logés dans un entrepont situé sous le pont blindé à l'avant et à l'arrière du bâtiment.

ARKANSAS, CONNECTICUT, FLORIDA, WYOMING

La loi du 4 mai 1898 autorisa la construction de quatre monitors pour la défense des ports. Ces monitors, *Arkansas*, *Connecticut*, *Florida* et *Wyoming*, étudiés par M. Michborn, devaient être construits dans le délai de vingt-sept mois.

Ces navires n'émergent que de 0^m,80; au centre, sur le pont principal, se trouve une superstructure pentagonale à deux étages. On a remplacé autant que possible le bois par le métal, et le bois employé a été rendu incombustible. Un mât militaire et une cheminée unique, très haute, au milieu du navire.

Dimensions. — Les caractéristiques générales de ces navires sont les suivantes :

Longueur à la flottaison	76 ^m ,80
— totale	77 ^m ,80
Largeur	13 ^m ,24
Tirant d'eau moyen { avec 400 tonn. de charbon et 10 ton. d'eau dans le double fond	3 ^m ,81
Déplacement	3 030 tonnes.
Hauteur métacentrique	3 ^m ,40
Tonnes par centimètre d'immersion	9 tonnes.

Coque. — Coque en acier, avec double fond pouvant renfermer 50 tonnes d'eau douce pour les chaudières.

Protection. — Ceinture totale sur 1^m,52 de hauteur, au droit des machines,

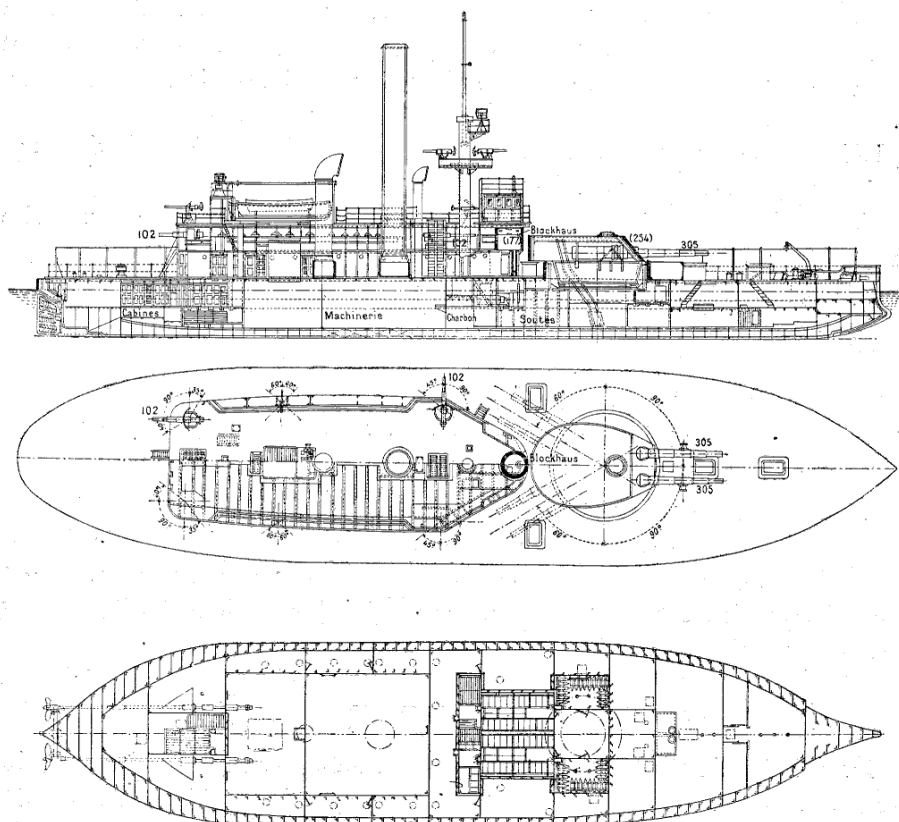


Fig. 88. — *Arkansas*.

cette ceinture a 279 millimètres d'épaisseur au can supérieur et 127 millimètres au can inférieur; elle descend jusqu'à 1^m,06 au-dessous de la ligne d'eau; à l'avant et à l'arrière elle s'amincit à 127 millimètres au sommet et 76 millimètres à la base.

Tourelle barbette unique dans l'axe vers l'avant; cette tourelle est blindée à 354 millimètres, en acier traité par le procédé Krupp; elle est du type balancé Hichborn, avec plaque de façade inclinée; les plaques de côté n'ont que 229 millimètres d'épaisseur. Le blockhaus est blindé à 177 millimètres et le tube de communication à 76 millimètres.

Pont blindé de 37 millimètres, plat, s'étendant sur toute la longueur du navire.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion, placées dans un compartiment étanche, actionnent chacune une hélice. Les cylindres ont pour diamètre respectif 0^m,432, 0^m,666 et 1^m,016; la course des pistons est de

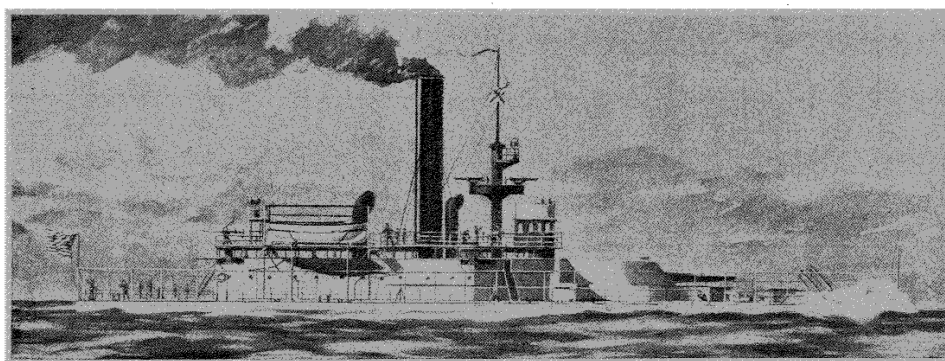


Fig. 89. — *Arkansas*.

0^m,610. La puissance totale est de 2400 chevaux à 200 tours donnant, au tirage naturel, une vitesse de 12 nœuds.

Quatre chaudières aquitubulaires, timbrées à 17^{kg},6 et desservies par une cheminée unique. La surface de grille est de 48^{m²},5 et la surface de chauffe de 817^{m²},5. La vitesse au tirage naturel est prévue de 11 nœuds.

L'approvisionnement de charbon est de 200 tonnes, mais il peut être porté à 400. Éclairage électrique; manœuvres par l'électricité.

Armement. — 2 canons de 305 millimètres accouplés dans la tourelle, avec commandement de 3^m,05;

4 canons de 102 millimètres, à tir rapide aux quatre angles principaux du pont supérieur, avec commandement de 4^m,44 et champs de tir de 135° pour ceux de l'avant et de 175° pour ceux de l'arrière. Des masques protègent ces pièces;

3 canons de 37 millim. à tir rapide;

4 — de 37 millim. — d° —

L'équipage sera de 130 hommes.

Le tableau suivant résume les données essentielles des principaux monitors de la marine des États-Unis.

Monitors à 2 tourelles.

NOMS.	LIEU DE CONSTRUCTION.	DATE DU LANCEMENT.	MATÉRIAUX.	DIMENSIONS.				PROTECTION.				MACHINES.				APPROVISIONNEMENT de charbon.		ARMEMENT.	TUBES LANCE-TORPILLES.	ÉQUIPAGES. (hommes).
				LONGUEUR.	LARGEUR.	TILANT d'eau		DÉPLACEMENT correspondant.	AUX CÔTÉS.	BARBETTE.	CARAPACE.	PONT.	POSTE du commandant.	TYPE.	HÉLICES.	TRIAJE forcé.				
				m.	m.	moyen.	arrière.	t.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.		ch.	normal.	minimum.			
<i>Amphitrite</i> . . .	Wilmington.	1893	Coque fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	229 à 127	291	190	44	254 76 (?)	2 compound inclinées.	2	1 600	10,5	254 254	IV, 254 mm. - II, 102 mm. t. r. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - II, 37 mm. t. r. - II, c.-r. 37 mm.	170
<i>Miantonomoh</i> . . .	Chester.	1889	Coque fer.	79,15	17 »	4,42	4,57	4 049	178	»	291	44	254 76 (?)	2 compound inclinées.	2	1 426	10,5	254 254	IV, 254 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - II, 37 mm. t. r.	150
<i>Mondouck</i> . . .	Vallejo.	1895	Fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	229 à 127	291	190	44	254 76 (?)	2 horizontales à triple expansion.	2	3 000	12	254 254	IV, 254 mm. - II, 102 mm. t. r. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - II, 37 mm. t. r. - II, c.-r. 37 mm.	170
<i>Monterey</i> . . .	San Francisco.	1891	Acier.	78,05	17,93	4,52	4,67	4 145	330 av. 330 av. arr. 291 arr.	203 av. 203 arr. 190	76	254 76 (?)	2 verticales à triple expansion.	2	5 271	13,6	203 239,5	II, 304 mm. - II, 254 mm. VI, 57 mm. t. r. - IV, 37 mm. - II, m.	190	
<i>Portlan</i> . . .	Chester.	1895	Fer.	88,27	18,33	5,49	5,54	6 150	356 à 152	356	203	51	254 76 (?)	2 compound horizontales.	2	3 700	12,4	406 416	IV, 304 mm. - VI, 102 mm. t. r. - VI, 57 mm. t. r. - II, c.-r. 37 mm. - IV, m.	230
<i>Terror</i> . . .	Philadelphie.	1895	Fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	178	»	291	44	254 76 (?)	2 compound inclinées.	2	1 600	10,5	254 254	IV, 254 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - II, c.-r. 37 mm. - II, m.	170

BELIER-KATHADIN

Description générale. — Ce navire a été construit pour combattre uniquement par le choc. Il est très ras sur l'eau et entièrement protégé par son pont supérieur blindé et en dos d'âne : c'est en réalité un Whaleback cuirassé.

Il a été lancé en 1893, à Bath.

Dimensions. — Les dimensions principales sont :

Longueur totale	76 ^m ,43
Largeur	13 ^m ,23
Tirant d'eau moyen	4 ^m ,57
Déplacement correspondant	2 218 tonnes.

Coque. — Un double fond, s'étendant sur une grande partie de la longueur, peut contenir, dans ses soixante-douze compartiments étanches, 200 tonnes

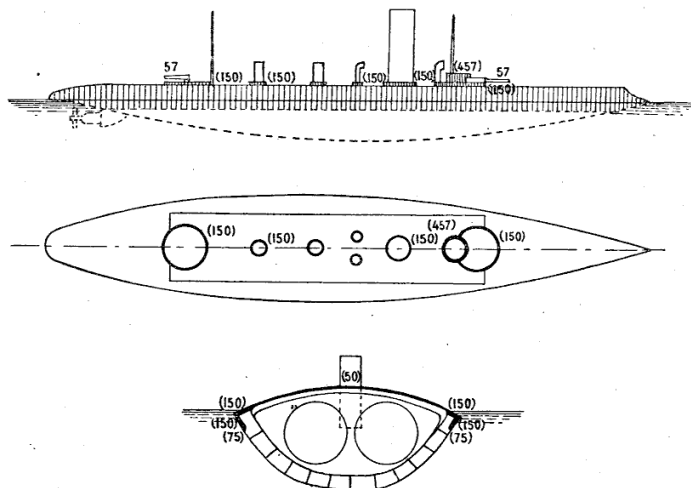


Fig. 90. — Kathadin.

d'eau, de façon à pouvoir immerger d'une quinzaine de centimètres au-dessous du niveau normal de la flottaison.

La coque est divisée en nombreux compartiments étanches.

Le tirant d'eau avant et le tirant d'eau arrière sont nuls, et à partir du milieu jusqu'à l'étrave et jusqu'à l'étambot, le fond se relève suivant une courbe continue de façon à faciliter les girations. Pour cette raison, le gouvernail est soutenu par un support évidé.

La maîtresse section présente une forme lenticulaire. En charge normale, les angles de la lentille sont à 150 millimètres au-dessous de la flottaison. Le sommet du pont supérieur cuirassé, en forme de courbe de 11^m,80 de rayon, est à 1^m,800 au-dessus de la flottaison normale. Les parties du pont arqué,

voisines des deux angles de la lentille, sont blindées à 150 millimètres, puis l'épaisseur va en diminuant jusqu'au centre, où elle n'est plus que de 50. Audessous des angles de la lentille, la coque est blindée à 150 puis à 75. La hauteur totale de la partie cuirassée de la coque est d'environ 1^m,50. Le poste du commandant est fortement cuirassé : 457 millimètres suivant certaines descriptions, 305, suivant d'autres. La base des cheminées et la base des ventilateurs sont blindées à 150. Deux petites barbettes, pour canons de 57 millimètres, sont également blindées à 150 millimètres.

Machines et chaudières. — Deux machines horizontales Marshall, à triple expansion, ont une course de 914 millimètres. Les diamètres des cylindres sont de 635 millimètres, 914 millimètres et 1^m,422. A 150 tours, en développant 4 800 chevaux, en flottaison normale, on a obtenu 16ⁿ,1 soit 1 nœud environ de moins que les prévisions.

Les deux hélices sont en bronze-manganèse.

Deux chaudières écossaises doubles et une chaudière écossaise simple ont ensemble 32^m²,88 de surface de grille et 1,128 mètres carrés de surface de chauffe.

L'approvisionnement normal de charbon est de 175 tonnes. Il peut être porté à 230.

Armement. — Le *Kathadin* n'a, en dehors de son robuste éperon en acier coulé pesant une dizaine de tonnes, que quatre canons de 57 millimètres installés dans de petites barbettes; ces pièces ont évidemment pour but de repousser les attaques des torpilleurs. Il est, en effet, certain que le *Kathadin*, étant données sa vitesse insuffisante et sa faible artillerie à tir rapide, a beaucoup plus à craindre des torpilleurs que de l'artillerie.

Ce navire ne paraît point être utilisable au large; grâce à son faible tirant d'eau, il peut rendre quelques services dans les eaux peu profondes des côtes d'Amérique et du golfe du Mexique.

Équipage. — L'équipage se compose de 98 personnes, dont 7 officiers et 71 mécaniciens.

CROISEURS CUIRASSÉS

NEW-YORK

Description générale. — Le *New-York* autorisé par un acte du congrès du 7 septembre 1888, a été lancé chez Cramp à Philadelphie en 1891. Il a fait ses essais de vitesse en mai 1893 et a pu entrer en service au mois d'août de la même année.

C'est un grand et beau navire de lignes très simples avec deux mâts à triple hune et trois hautes cheminées. La partie centrale est occupée par une superstructure.

Au-dessus de la tranche cellulaire, il y a deux entreponts complets de loge-

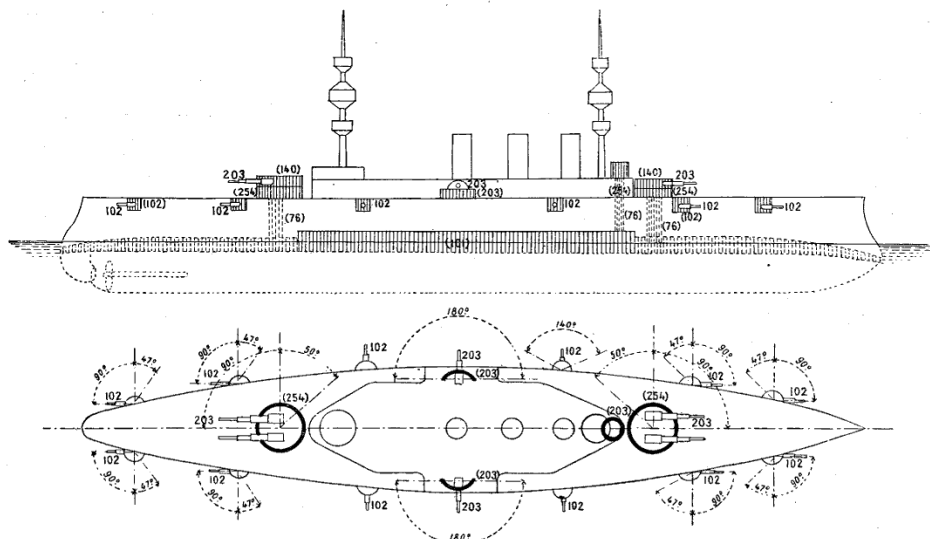


Fig. 91. — New-York.

ments. La hauteur de franc-bord est de 7 mètres à l'avant, 6 mètres au milieu et 5^m,50 à l'arrière.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	113 ^m ,98
Largeur	19 ^m ,76
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,10
— arrière	7 ^m ,25
Déplacement correspondant prévu	8 281 tonnes.
Hauteur métacentrique prévue	1 ^m ,299
Charbon en charge normale	762 tonnes.

La contenance totale des soutes est de 1 280 tonnes et l'on peut même, paraît-il, prendre jusqu'à 1 800 tonnes de charbon. Le devis sommaire était :

	Tonnes.
Coque et accessoires	3 163
Ceinture	230 t. }
Pont, tourelles, encoissements, blockhaus	1 388 t. }
Cellulose	132
Artillerie	439
Appareils moteurs	1 601
Charbon	762
Complément de l'excédent de charge	448
Disponible	118
Total	8 281

Il paraît y avoir une surcharge d'environ 250 tonnes.

Coque. — La coque, en acier, à double fond, est extrêmement divisée; elle contient 180 compartiments étanches.

Protection. — Un pont cuirassé en forme de trapèze s'étend de bout en bout. Au milieu, il part à 305 millimètres au-dessus de la flottaison et rejoint la coque à 1^m,371 au-dessous. Ce pont a une épaisseur générale de 76^{mm},2; un renfort de 76^{mm},2 porte l'épaisseur à 152^{mm},4 sur les parties inclinées. D'après certaines descriptions, l'épaisseur diminuerait à 62 millimètres aux extrémités.

Au milieu du bâtiment, sur une longueur de 59 mètres, un blindage de

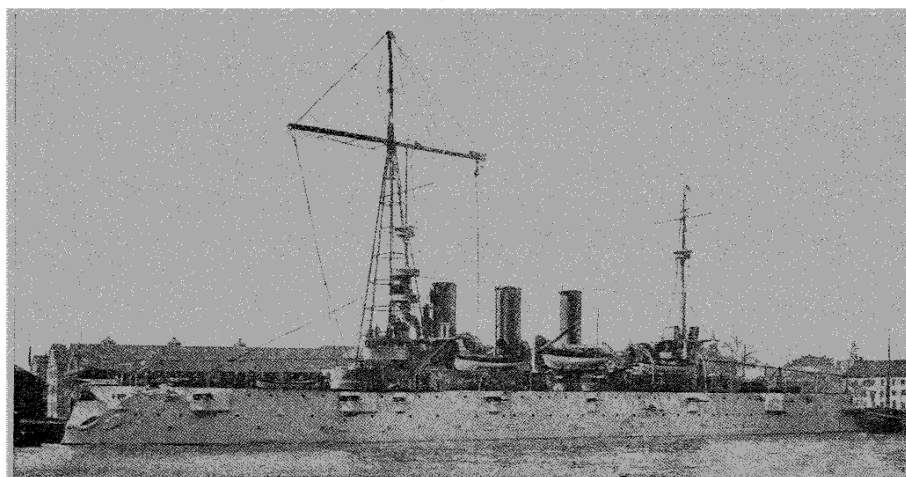


Fig. 92. — *New-York.*

101 millimètres d'épaisseur recouvre sensiblement toute la tranche cellulaire. Il n'y a pas de traverses blindées aux extrémités de cette cuirasse latérale.

Les tourelles avant et arrière ont 254 millimètres aux barbottes et 140 millimètres (178 suivant certaines descriptions) à la carapace. Les tubes-supports auraient 76 millimètres. Les boucliers des pièces latérales auraient 203 millimètres.

Le blockhaus varierait de 203 à 127 millimètres, le tube-support aurait 76 millimètres.

Les encoissements pour pièces de 102 millimètres à tir rapide ont 102 millimètres d'épaisseur.

Machines et chaudières. — Quatre machines verticales à trois cylindres et à triple expansion agissent sur deux arbres portant chacun une hélice. Elles sont placées en quatre compartiments séparés, deux de chaque bord.

Pour chaque machine, les cylindres ont une course de 1^m,067, les diamètres respectifs sont 0^m,813 pour le haute-pression, 1^m,194 pour l'intermé-

diaire et 1^m,829 pour le basse-pression; la longueur des bielles est de 2^m,133.

Il y a sur chaque machine cinq tiroirs cylindriques; sur le cylindre haute-pression il y a un tiroir de 0^m,406 de diamètre; sur le cylindre moyenne-pression, deux tiroirs de 0^m,416 de diamètre; sur le cylindre basse-pression, deux tiroirs de 0^m,785 de diamètre maximum.

Toutes les chaudières sont du type écossais et timbrées à 11^{kg},25; six grandes à huit foyers sont placées dans trois compartiments étanches séparés, occupant chacun toute la largeur du bâtiment et correspondant aux trois cheminées. Chacune de ces chaudières a 4^m,80 de diamètre et 5^m,49 de long. Elles ont ensemble une surface de grille de 91^mq,78, une surface de chauffe totale de 2 880^mq,50 et un poids total de 695 tonnes avec leur eau.

Les deux chaudières auxiliaires ont ensemble 5^mq,94 de surface de grilles, 181^mq,80 de surface de chauffe et 49^t,33 de poids total avec leur eau.

Quatre condenseurs composés chacun de trois sections et contenant chacun 3 776 tubes ont ensemble une surface totale refroidissante de 2 066^mq,096.

Les appareils mécaniques du *New-York* comportent en tout 88 machines séparées, ayant 162 cylindres à vapeur.

Aux essais, avec 12^{kg},35 de pression absolue aux chaudières, 51 millimètres d'eau de pression d'air dans les grandes chaufferies, 17^{mm},8 d'eau dans les chaufferies auxiliaires, on a obtenu 17 551 chevaux de force totale, alors qu'on en prévoyait 16 000 seulement. Sur ce chiffre, les quatre machines principales sont comptées pour 17 182^{chx},95, les quatre pompes à air pour 39^{chx},27, les quatre pompes de circulation pour 40^{chx},02, les ventilateurs pour 239^{chx},42, les pompes alimentaires pour 50^{chx},21 et les pompes de condenseurs pour 3^{chx},14.

Le nombre de tours était de 135 et la vitesse moyenne des pistons 4^m,86. La vitesse s'est élevée à 21 nœuds, soit un nœud de plus que les prévisions.

Armement. — L'armement comprend :

6 pièces de 203 millimètres, ayant un commandement de 7^m,50 environ au-dessus de l'eau : deux accouplées dans la tourelle avant avec 280° de champ de tir; deux accouplées dans la tourelle arrière avec 280° de champ de tir; une de chaque côté avec 180° de champ de tir. Les pièces des tourelles ont près de 9 mètres de commandement et celles des flancs un peu moins.

12 pièces de 102 millimètres à tir rapide, placées dans des encorbellements, avec pare-éclats dans l'entrepont supérieur, avec environ 4^m,70 de commandement. Quatre tirent en chasse directe et par le travers avec un angle de tir que nous croyons être de 137°, quatre en retraite directe et par le travers avec un champ de tir de 137°, quatre par le travers avec un champ de tir de 140°.

8 pièces de 57 millimètres à tir rapide.

4 pièces de 37 millimètres à tir rapide.

4 mitrailleuses.

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Décembre 1900.

49

Le bâtiment peut tirer ainsi, en chasse directe et en retraite directe, 4 pièces de 203 millimètres et 4 de 102 millimètres ; par le travers, 5 pièces de 203 millimètres et 6 de 102 millimètres.

Comme sur l'*Olympia*, il y a 6 tubes lance-torpilles : deux mobiles de chaque bord, un fixe à l'avant et un fixe à l'arrière.

Équipage. — L'équipage s'élève à 522 hommes, officiers compris.

BROOKLYN

Description générale. — Le *Brooklyn* est un *New-York* considérablement agrandi et amélioré. Le rouf central du *New-York* est, sur le *Brooklyn*, prolongé jusqu'à l'étrave suivant une longue teugue. L'avant est renversé avec dévers dans le haut ; l'arrière a des œuvres-mortes rentrantes. La tourelle avant est surélevée de la hauteur d'un entrepont. A la place des pièces de 203 millimètres

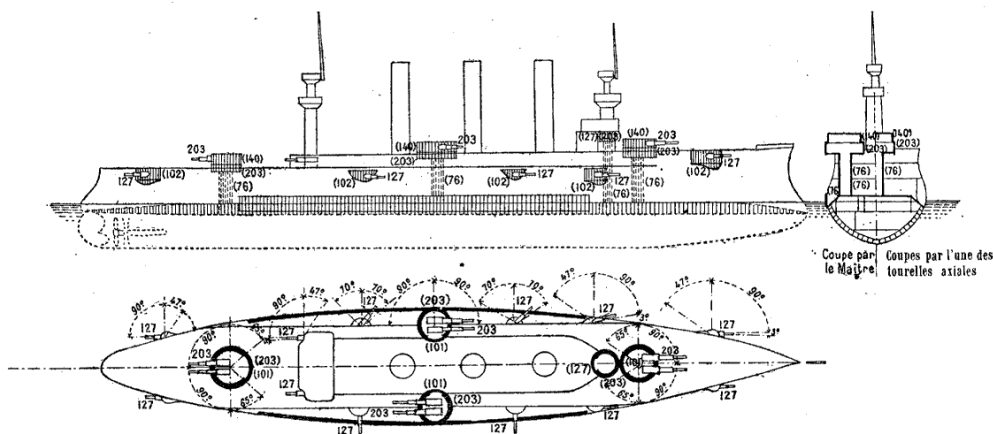


Fig. 93. — *Brooklyn*.

latérales du *New-York*, il y a de chaque bord une tourelle pareille à celles des extrémités et contenant deux pièces de 203 millimètres. Le navire est d'aspect très puissant et très marin. Trois énormes cheminées dépassent sensiblement les deux mâts militaires, entre lesquels elles sont situées.

Dimensions. — Les dimensions et données principales sont :

Longueur à la flottaison (perpendiculaire américaine). . .	122 ^m ,07
Largeur.	19 ^m ,56
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,31
— arrière	7 ^m ,80
Déplacement correspondant.	9 375 tonnes.

Le devis général des poids est ainsi établi :

	Tonnes.
Coque et accessoires	3 750
Cuirasse.	1 800
Artillerie	558
Appareil moteur.	1 636
Charbon.	914
Complément de l'exposant de charge.	580
Disponible.	137
Total.	9 375

Coque. — La coque est en acier et à double fond. Le brion d'étrave est assez arrondi. La hauteur du franc-bord est de 9 mètres à l'avant et de 6^m,40 à l'arrière. Au-dessous du pont blindé il y a de chaque bord deux cloisons longitudinales par le travers des machines et des chaufferies. Il y a également douze cloisons transversales.

La tranche cellulaire comprend vingt-sept cloisons transversales et huit cloisons longitudinales, constituant de chaque côté, en partant du centre, deux lignes de soutes, le corridor de réparations et le cofferdam. Il y a en tout cent quarante compartiments étanches dans la tranche cellulaire.

Le cofferdam occupe toute la hauteur de la tranche cellulaire; c'est-à-dire qu'il va du pont blindé jusqu'au pont immédiatement supérieur, occupant ainsi une hauteur de 3^m,123 sur une épaisseur de 1^m,20.

La tranche cellulaire a, au maître-bau, environ 1^m,50 de hauteur dans l'axe et 3^m,123 en abord.

Le premier entrepont au-dessus de la tranche cellulaire possède dix cloisons transversales.

Protection. — La tranche cellulaire est partiellement protégée au centre du bâtiment par deux bandes d'acier harveyé ayant 58^m,70 de long, 2^m,16 de haut et 76 millimètres d'épaisseur. Il n'y a pas de cloisons transversales pour relier entre elles les deux bandes cuirassées.

Le pont cuirassé, en forme de trapèze, s'étend de bout en bout. Au maître-bau il ne dépasse que très peu la ligne de flottaison et rejoint le bordé à 1^m,676 au-dessous. Son épaisseur générale est de 38^{mm},4 $\times$ 2 = 76^{mm},2. Par le travers des machines et des chaufferies, il porte des plaques de renfort de 76^{mm},2 d'épaisseur. Autour du grand panneau des machines, l'épaisseur de ses renforts atteint 127 millimètres.

Les quatre grosses tourelles ont une épaisseur de 140 millimètres aux carapaces. Sur les barbottes, les plaques ont 203 millimètres sur 300° et 101 millimètres sur un secteur de 60° (à l'arrière de la tourelle avant, à l'avant de la tourelle arrière, à droite de la tourelle de gauche et à gauche de la tourelle de droite). D'après certaines descriptions, l'épaisseur maximum de la barbette ne

régnerait que sur le secteur correspondant à l'angle de tir; c'est dire que la moitié seulement des tourelles de droite et de gauche aurait cette épaisseur maximum.

Quoi qu'il en soit, les pièces de 203 millimètres sont suffisamment garanties

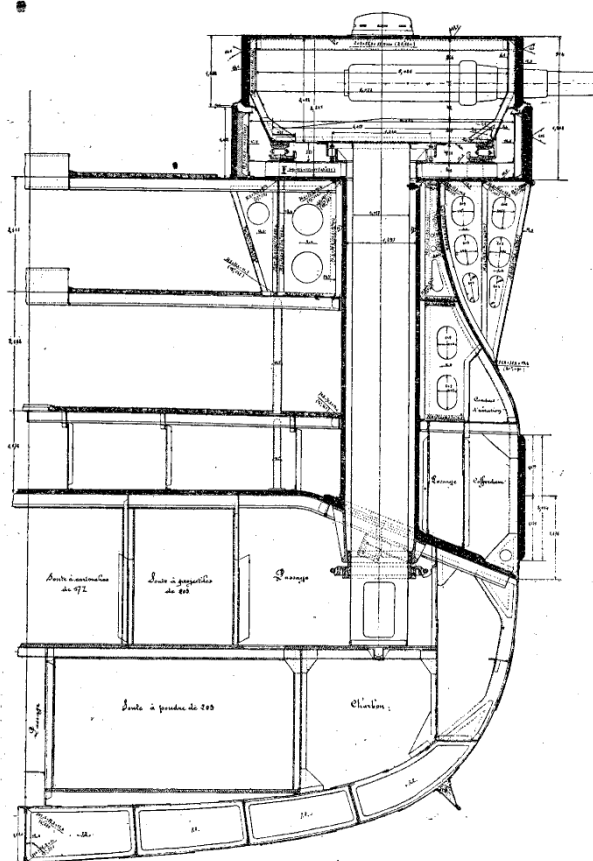


Fig. 94. — *Brooklyn*. Demi-coupe par l'une des tourelles centrales.

contre les coups directs; mais un obus éclatant contre le tube-support pourrait enfoncer le plancher et immobiliser les canons.

Les tubes-supports ont 76 millimètres. Les encorbellements ont 102 millimètres et 51 millimètres, suivant qu'ils sont pour les pièces de 127 ou de 57 millimètres. Les pare-éclats transversaux ont 30 millimètres.

Le blockhaus, situé dans le pied du mât militaire avant, a 203 millimètres à avant et 127 à l'arrière. Il repose sur un tube-support de 76 millimètres.

Voici le devis de poids de la cuirasse :

	Tonnes.
Pont blindé.	1 121,15
Ceinture cuirassée.	173,50
Quatre tourelles pour canons de 203 millimètres . .	314,20
Encorbellements et traverses.	148,76
Blockhaus et tubes de commandes	42,43
Total.	1 800,04

Machines et chaudières. — Les machines devaient être établies exactement pareilles à celles du *New-York*. Nous ignorons si l'on a effectué des modifications en cours de construction. Comme sur le *New-York*, elles sont placées en quatre compartiments séparés, deux de chaque bord.

Le devis primitif semble également comporter le même appareil évaporatoire

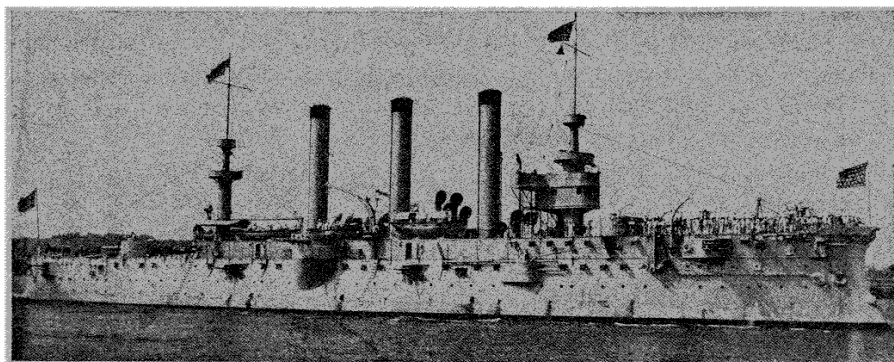


Fig. 95. — *Brooklyn*,

que le *New-York*; mais d'après les descriptions les plus récentes, l'Amirauté américaine aurait décidé le remplacement de l'une des six grandes chaudières par deux chaudières plus petites, afin d'assurer, avec une plus grande économie et une plus grande facilité, le service des appareils auxiliaires au mouillage.

Aux essais, en août 1896, le *Brooklyn* aurait maintenu, sur une base assez longue, une vitesse moyenne de 21ⁿ,9 avec 138 révolutions. La force des machines serait de 18 769 chevaux, mais comme le bâtiment y avait un déplacement inférieur d'un millier de tonnes à celui prévu par le plan, on ne peut pas compter sur une vitesse maximum supérieure à 21 nœuds.

Les soutes peuvent contenir 1 676 tonnes de charbon, ce qui permet au navire de franchir une distance de 6 216 milles.

Armement. — L'armement se compose de :

8 canons de 203 millimètres : 2 dans la tourelle avant, avec commandement de 10 mètres et un champ de tir de 310°; 2 dans la tourelle arrière, avec le même champ de tir que pour la tourelle avant, et un commandement de 7^m,60 :

4 accouplés deux par deux dans les tourelles de flanc, au maître-bau, avec 180° de champ de tir et environ 8^m,20 de commandement.

12 canons de 127 millimètres, à tir rapide, dont 8 en encorbellements à la hauteur du second entrepont, avec un commandement de 4^m,50; 2 sous la teugue, avec un commandement d'environ 7 mètres et 2 à l'arrière du rouf. Les deux pièces les plus à l'arrière dans le deuxième entrepont et les deux pièces de la dunette, tirent en retraite directe parallèlement à l'axe avec 137° de champ; les deux pièces les plus avant du deuxième entrepont et les deux pièces de la teugue, tirent en chasse directe parallèlement à l'axe avec 137° de champ; les quatre pièces milieu du deuxième entrepont, font feu par le travers avec 140° de champ.

12 canons de 57 millimètres, à tir rapide;

4 canons de 37 millimètres, à tir rapide;

Et 2 mitrailleuses (?).

4 tubes lance-torpilles mobiles tirent sur les flancs. Les devis primitifs semblaient comprendre deux tubes fixes, un à l'avant, l'autre à l'arrière; l'un des deux semble avoir été supprimé. Sans compter les petits canons, le navire peut tirer :

En chasse directe et en retraite directe ;

6 pièces de 203 millimètres ;

Et 4 pièces de 127 millimètres ;

Par le travers :

6 pièces de 203 millimètres ;

Et 6 pièces de 127 millimètres.

Équipage. — L'équipage est de 561 hommes..

Remarques. — Le *Brooklyn*, eu égard à son déplacement, est peut-être le plus réussi de tous les croiseurs actuellement à flot.

C'est un bâtiment logique et bien étudié.

Il a une artillerie extrêmement puissante, parfaitement disposée et mieux protégée qu'elle ne l'est généralement sur les bâtiments similaires.

Le *Powerful* et le *Terrible* sont probablement les seuls croiseurs actuels capables de faire battre en retraite le *Brooklyn*; mais ils déplacent environ 5 000 tonnes de plus. D'ailleurs, si leur vitesse supérieure d'un ou deux nœuds à celle du navire américain leur permet facilement, surtout par mauvais temps, d'accepter ou refuser le combat à volonté, rien ne prouve que le *Powerful* poursuivant le *Brooklyn* ne serait pas forcé d'abandonner la partie. En effet, il ne dispose, en chasse directe, que d'un 254 millimètres et de quatre 152 millimètres à tir rapide, et sur chaque joue, à quelques degrés de l'axe longitudinal, que d'un 254 millimètres et deux 152 millimètres à tir rapide, tandis que le *Brooklyn* peut tirer, en retraite directe, six pièces de 203 millimètres et quatre de 127 millimètres à tir rapide; et sur chacune de ses deux hanches, quatre pièces de 203 millimètres et deux de 127 millimètres.

Si, de plus, comme il faut le faire, on tient compte de ce que le navire américain a sa grosse artillerie mieux protégée que celle du navire anglais, on est forcé de lui reconnaître la supériorité militaire même en ne perdant pas de vue le fait que des canons accouplés, comme ceux du *Brooklyn*, ont chacun une valeur militaire moindre que des pièces mises chacune dans un poste séparé comme sur le *Powerful*. On admet généralement un coefficient de réduction de 0,75 pour chaque pièce accouplée. Dans ces conditions, le nombre des pièces de 203 millimètres du *Brooklyn*, en retraite directe et sur les hanches, ne serait plus, respectivement, que de quatre et de trois. Le navire américain garderait donc encore la supériorité parce que, dans un combat de ce genre, forcément assez long, les 152 millimètres anglais, à tir rapide, n'auraient point en réalité les avantages que semblent indiquer les résultats du polygone.

Le reproche le plus sérieux que l'on puisse faire au *Brooklyn*, c'est que les approvisionnements d'artillerie paraissent faibles, surtout si l'on convertissait les 203 millimètres actuels en pièces à tir rapide.

CALIFORNIA

L'acte du 3 mars 1899 a autorisé la construction de 3 croiseurs cuirassés de 12 000 tonnes : *California*, *Nebraska* et *West Virginia*, sur lesquels le *Scientific American* (1^{er} décembre 1900) donne les renseignements suivants :

Dimensions :

Longueur à la flottaison.	153 mètres.
Largeur.	21 ^m ,34
Tirant d'eau aux essais.	7 ^m ,50 environ.
Déplacement correspondant.	13 800 tonnes environ.
Tirant d'eau à pleine charge.	8 ^m ,07

Coque. — Coque en acier avec double fond de compartimentage très développé. Franc bord élevé et uniforme.

Protection. — Ceinture de 2^m,28 de haut et 152 millimètres d'épaisseur maximum, s'étendant de l'avant à la tourelle arrière et complétée aux extrémités par un blindage à 89 millimètres. Au-dessus de la ceinture, blindage léger de 127 millimètres protégeant une batterie de canons de 152 millimètres et complété par des traverses de 102 millimètres.

Pont en trapèze de 102 millimètres aux pentes et 76 millimètres dans la partie plate; s'étend de bout en bout. Au-dessus du pont blindé, ceinture de cellulose de 0,91 d'épaisseur.

Machines. — Ces navires auront deux hélices commandées chacune par une machine à triple expansion à quatre cylindres et devront fournir une vitesse de 22 nœuds; l'approvisionnement de charbon maximum sera de 1 800 à 2 000 tonnes et la puissance totale des machines est prévue à 23 000 chevaux-vapeur au régime de 133 tours.

La vapeur sera fournie par trente chaudières aquitubulaires à tubes droits réparties en huit compartiments. Il y aura quatre cheminees montant à 30 mètres au-dessus des grilles.

Armement :

4 canons de 203 millimètres par paires dans des tourelles elliptiques balancées, à l'avant et à l'arrière blindées à 152 millimètres; champ de tir de 270°.

14 canons de 152 millimètres, dont 4 sur le pont supérieur aux angles de la superstructure protégés à 152 mètres, avec champ de tir de 145° (2 en retraite et 2 en chasse) et 10 en batterie sur les flancs avec champ de tir de 110° et cloisons de 36 entre les pièces;

18 canons de 76 millimètres à tir rapide;

12 canons de 57 millimètres à tir rapide;

8 canons de 37 millimètres à tir rapide;

8 mitrailleuses.

Il y aura 2 tubes lance-torpillés, tous deux sous-marins.

Équipage prévu de 822 hommes.

CROISEURS PROTÉGÉS

COLUMBIA ET MINNEAPOLIS

Description générale. — Ces bâtiments ont des formes très allongées et très fines. Leur apparence générale est celle des grands paquebots qu'ils sont chargés de poursuivre et de capturer; pourtant, leur étrave légèrement renversée, leur arrière pareil à l'avant et le développement considérable du rouf central les font encore, à une certaine distance, reconnaître comme navires de guerre. Ils ont chacun deux mâts de signaux. Le *Columbia* a quatre cheminées; le *Minneapolis*, deux grosses cheminées seulement.

De l'avant à l'arrière un double entrepont règne au-dessus du pont blindé, et un rouf s'étend dans la partie centrale.

Le contrat du *Columbia* autorisé par un acte du Congrès, le 30 juin 1890, a été signé le 19 novembre de la même année.

Le marché du *Minneapolis* a été signé le 31 août 1891.

Construits tous deux aux chantiers de Cramp, à Philadelphie, ils ont été lancés, le *Columbia* en 1892 et le *Minneapolis* en 1893.

Dimensions. — Leurs dimensions sont :

Longueur.	125 ^m ,57	Tirant d'eau arrière du <i>Minneapolis</i>	7 ^m ,25
Largeur.	17 ^m ,68	Déplacement correspondant du <i>Columbia</i>	7 500 ton.
Tirant d'eau moyen du <i>Columbia</i>	6 ^m ,87	Déplacement correspondant du <i>Minneapolis</i>	7 600 ton.
— du <i>Minneapolis</i>	6 ^m ,90		
Tirant d'eau arrière du <i>Columbia</i>	7 ^m ,22		

Coque. — La coque, en acier, présente un brion très arrondi et très long, de façon que le tirant d'eau à la perpendiculaire avant est sensiblement nul. Le double fond s'étend sur la presque totalité de la longueur du bâtiment. Au centre du navire, deux quilles à roulis règnent sur environ 40 mètres. La tranche cellulaire, qui renferme 122 compartiments étanches, occupe la majeure

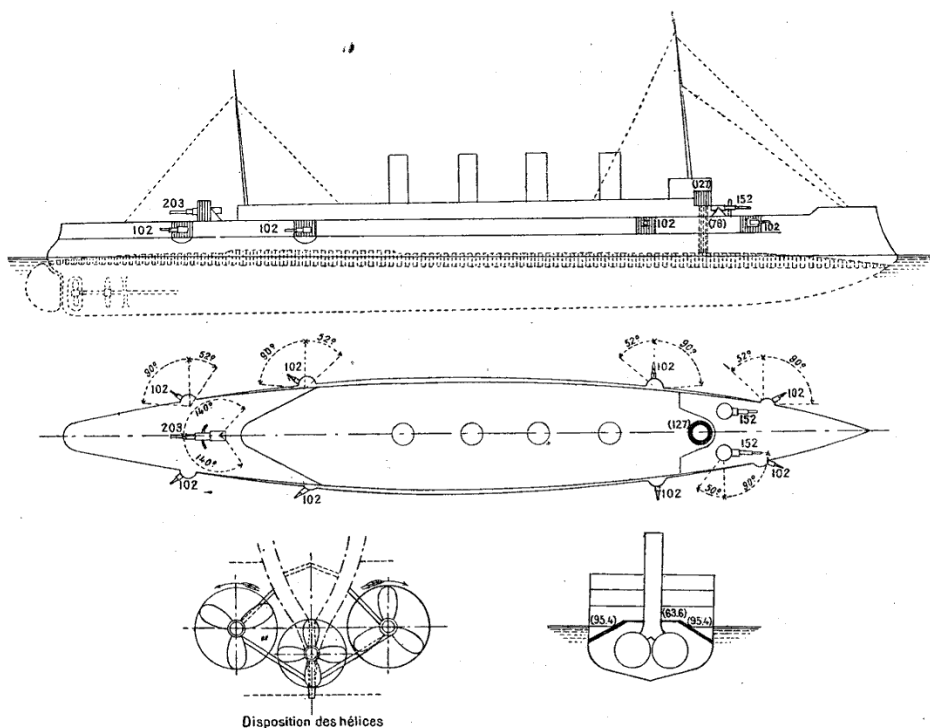


Fig. 96. — *Columbia*.

partie de l'entrepont inférieur : elle a 2^m,60 sous barrots dans l'axe et 1^m,13 en abord. Un cofferdam renfermant 90 tonnes de cellulose existe sur toute la longueur du bâtiment. Au maître-bau son épaisseur est de 1^m,524 et il s'étend à l'intérieur du bordé, depuis le pont blindé, sur une hauteur de 2^m,286; aux extrémités ses dimensions sont moindres.

Au-dessous du pont blindé, il y a douze cloisons étanches transversales, deux cloisons étanches latérales par le travers des chaudières, et une cloison longitudinale par le travers de machines. Dans la tranche cellulaire, il y a dix-huit cloisons transversales complètes, cinq cloisons transversales partielles et trois cloisons de chaque bord. Il y a enfin sept cloisons transversales au-dessus de la tranche cellulaire. Le nombre total des compartiments étanches est de deux cent quinze.

La hauteur de la coque est de 7^m,15 à l'avant et de 5^m,35 à l'arrière; la hauteur métacentrique du *Minneapolis* est de 0^m,926.

Le devis sommaire des poids est de :

Coque et accessoires	2 884 tonnes.
Cuirasse.	1 015 —
Artillerie	207 —
Appareil moteur (avec 424 ton. d'eau).	1 932 —
Charbon.	762 —
Complément de l'exposant de charge.	468 —
Disponible.	179 —
Total.	7 467 tonnes.

Protection. — Pont blindé en forme de trapèze, dont la partie horizontale est à 0^m,30 au-dessus de la flottaison; les parties inclinées joignent le bordé à 1^m,37 au-dessous. Ce pont se compose de deux tôles de 31^{mm},8 chacune, soit 63^{mm},6 sur les parties horizontales, et de trois tôles de 31^{mm},8 soit ensemble 95^{mm},4 sur les parties inclinées par le travers des chaudières et des machines. Le grand panneau des machines est protégé par un glacis. Le blockhaus du commandant, protégé par des plaques de 127 millimètres et des tôles pare-éclats, communique avec le pont blindé par l'intermédiaire d'un tube cuirassé à 76 millimètres. Les blindages sont, croyons-nous, respectivement de 150 millimètres et 70 millimètres.

Les huit encorbellements aux pièces de 120 millimètres ont des blindages dont l'épaisseur varie de 50 millimètres à 100 millimètres (?) Il n'y a pas de pare-éclats blindés formant casemate.

Machines et chaudières. — Trois machines verticales à trois cylindres et à triple expansion, absolument pareilles, agissent chacune par l'intermédiaire d'un arbre séparé sur une hélice en bronze-manganèse et à très gros moyeu. L'hélice centrale est plus basse que les deux hélices latérales. L'arbre central est horizontal, les deux arbres latéraux convergent fortement en descendant un peu.

Les deux machines latérales sont dans deux compartiments étanches, séparés et accolés à côté l'un de l'autre; en arrière, dans un compartiment également séparé, se trouve la machine centrale.

La course des neuf pistons est de 1^m,067, les diamètres respectifs des cylindres sont 1^m,067, 1^m,498, 2^m,337; la longueur de la bielle est de 2^m,134. Il y a sept tiroirs cylindriques par machine : un au cylindre haute-pression ayant 457 millimètres de diamètre; deux au cylindre moyenne-pression ayant 584 millimètres de diamètre; quatre au cylindre basse-pression ayant un diamètre de 533 millimètres. Les distributions se font par coulisse Stephenson, sans dispositifs spéciaux pour faire varier la détente. La vitesse des pistons atteint près de 5 mètres à la seconde, environ, pour 136 tours.

L'appareil évaporatoire comprend uniquement des générateurs ignitubulaires

écossais timbrés à 10^{kg},35 et placés parallèlement à l'axe longitudinal du bâtiment.

Sur le *Columbia*, la vapeur est fournie par huit chaudières écossaises à double façade, mais de modèles différents; les six situées le plus en arrière ont chacune huit foyers et quatre boîtes à feu; leur diamètre extérieur est de 4^m,80, et leur longueur de 5^m,49. Les deux chaudières placées le plus à l'avant sont plus petites; elles n'auraient chacune que 3^m,78 de diamètre et 5^m,08 de longueur.

Sur le *Minneapolis*, l'appareil évaporatoire est plus puissant encore. Il se compose de huit chaudières écossaises ayant chacune huit foyers et quatre boîtes à feu. Les deux plus petites, situées à l'avant, ont les mêmes dimensions que les grandes chaudières du *Columbia*; les six autres ont 6^m,10 de long et 4^m,80 de diamètre; elles pèsent 73 tonnes à vide, et contiennent 40^l,5 d'eau; leurs tôles cylindriques ont 34 millimètres d'épaisseur; elles ont 1 268 tubes de 2^m,730 de long. Comme les chaudières du *Columbia*, elles sont desservies par six chambres de chauffe, deux grandes et quatre petites, qui s'étendent sur toute la largeur du bâtiment.

Voici les caractéristiques de ces appareils, sans y comprendre les deux chaudières auxiliaires que chaque bâtiment porte dans son entrepont :

	Surface de grille. m ²	Surface de chauffe. m ²
<i>Columbia</i>	124,86	4 020
<i>Minneapolis</i>	135,28	4 477,27

Tous les foyers, en tôle de 14^{mm},3, sont du système Fox, à ondulations alternées par rapport au foyer voisin. Pour les grandes chaudières, les diamètres des foyers hors gaufrures et en dedans des gaufrures sont respectivement de 1^m,117 et 1^m,035. Étant données les grandes dimensions des chaudières, on a très sagement installé des hydrokineters pour effectuer le brassage de l'eau pendant la mise en pression et des appareils spéciaux pour déterminer un courant général de circulation à l'aide de l'eau d'alimentation. Il est probable que c'est à ces dispositifs et à la bonne construction que l'on doit la réussite des essais aux grandes allures et l'absence de fuite des générateurs ignitubulaires de ces bâtiments. Pour permettre l'emploi du tirage forcé, chacune de huit chaudières principales est pourvue de deux ventilateurs Sturtevant placés un à chacune de ses extrémités.

Deux chaudières auxiliaires sont placées perpendiculairement à l'axe longitudinal dans le premier entrepont. Ces chaudières, qui doivent être éteintes pendant un combat, ont ensemble une surface de grille de 5^m,94 et une surface totale de chauffe 180 mètres carrés. Deux bouilleurs peuvent fournir par jour 54 tonnes d'eau douce.

Chaque machine possède un condenseur en laiton, dont la surface réfrigérante est de $880^{\text{m}^2},43$. Chaque condenseur, desservi par deux pompes centrifuges, contient 4 894 tubes ayant $3^{\text{m}},507$ de long, $15^{\text{mm}},9$ de diamètre et $0^{\text{mm}},9$ d'épaisseur.

Le poids total de l'appareil moteur et évaporatoire du *Columbia*, en comprenant 424 tonnes (ou 320 ?) d'eau, est de 1 965 tonnes.

Pour combattre les voies d'eau, un système général de canalisation aboutit à deux drains principaux. Sur le plus gros, — dont le diamètre est de 305 millimètres, — agissent les six pompes rotatives des condenseurs ayant ensemble un débit de 184 000 litres à la minute et une grande pompe d'épuisement ayant un débit de 4 500 litres; sur le petit drain, de 180 millimètres de diamètre, agissent d'autres pompes. L'ensemble donne ainsi un peu moins de 13 000 tonnes à l'heure.

Aux essais à toute vitesse, les résultats suivants ont été obtenus :

	COLUMBIA 16 nov. 1893.	MINNEAPOLIS 14 juillet 1894.
Machines principales	18 240 ^{ch} ,43	20 366 chev.
Machines auxiliaires	535 ^{ch} ,48	496 —
Force totale	18 795 ^{ch} ,91	20 862 chev.
Pression d'air dans les chaufferies.	18 ^{mm} ,5	25 ^{mm} ,4
Nombre de tours moyen	131,33	132,41
Vitesse moyenne des pistons	4 ^m ,677	4 ^m ,70
Vitesse	22 ⁿ ,3	23 ⁿ ,7

Les vibrations, très faibles au-dessous de 90 tours et au-dessus de 100 tours, ont été, au contraire, très fortes entre 90 et 100 tours. Au tirage naturel, on peut obtenir une vingtaine de nœuds dans des conditions favorables.

L'approvisionnement normal de charbon est de 762 tonnes. Les soutes peuvent contenir 1 600 tonnes, et à la rigueur on peut embarquer 2 000 tonnes. Dans ces conditions on espère pouvoir franchir 16 000 milles à faible vitesse.

Armement. — L'armement comprend :

1 canon de 203 millimètres placé à l'arrière sur le pont, dans l'axe longitudinal, protégé par un bouclier tournant et ayant un champ de tir de 280° à 300°.

2 canons de 152 millimètres à l'avant, sur le pont, en abord, tirant en chasse directe avec un champ de tir ininterrompu d'environ 140°. Chacune de ces pièces pourrait également, croyons-nous, à la rigueur, disposer d'un champ de tir d'une trentaine de degrés en faisant feu par-dessus le pont.

8 canons à tir rapide de 102 millimètres, installés dans des encorbellements du faux pont supérieur, ayant chacun un champ de tir de 142°, dont 90° à l'avant ou à l'arrière de la perpendiculaire à l'axe longitudinal passant par le centre de rotation;

12 canons à tir rapide de 57 millimètres, dont 8 en encorbellement dans le faux pont supérieur et 4 sur les passerelles;

4 canons de 37 millimètres, à tir rapide, et 4 mitrailleuses de Gatling.

Le navire peut tirer :

En chasse directe, 2 de 152 millimètres et 4 de 102 millimètres;

En retraite directe, 1 de 203 millimètres et 4 de 102 millimètres;

Par le travers, 1 de 203 millimètres, 1 de 152 millimètres et 4 de 102 millimètres.

Il y a 5 tubes lance-torpilles : 2 de chaque bord et 1 à l'arrière de l'entrepont inférieur.

Équipage. — L'équipage est de 350 hommes environ.

Remarques. — Ces bâtiments sont très réussis eu égard à leurs dimensions; on doit cependant remarquer que le compartimentage et le cofferdam ne sont pas assez développés à l'avant de l'entrepont inférieur et qu'il aurait été préférable de prolonger le rouf pour élever d'un entrepont la hauteur des œuvres mortes à l'avant.

Enfin il est évident, comme nous l'avons établi dans les notes publiées dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* en octobre 1892 et en juillet 1896, que ces bâtiments sont trop petits pour le rôle qu'on a prétendu leur faire jouer, c'est-à-dire pour chasser avec succès, même par la mer houleuse, les plus grands paquebots transatlantiques. C'est dans cette faiblesse de déplacement, ainsi que dans l'impossibilité d'amener assez vite aux générateurs le charbon des soutes de surcharge, et non point dans un défaut de construction des machines, qu'il faut chercher les causes des déboires que les Américains ont eus surtout lorsque le *Columbia* est revenu aux États-Unis après la revue navale de Kiel.

Nous avons toujours cru, et nous croyons encore, que des bâtiments de 8 000 tonneaux, quelle que soit la vitesse réalisée aux essais en eau calme, auront bien peu de chances par mer mauvaise, voire même houleuse, de forcer à la course les grands paquebots rapides d'un déplacement double; et pour terminer ce sujet, nous répéterons ici pour la seconde fois ce que nous avons déjà dit dans le rapport officiel sur les Congrès de l'Exposition de Chicago : « Le déplacement se traduit toujours par de la puissance, que cette puissance soit militaire (artillerie ou cuirasse) ou que cette puissance soit mécanique (vitesse et charbon). »

OLYMPIA

Description générale. — Ce bâtiment, construit par l'Union Iron Work Co, à San-Francisco, d'après l'acte du Congrès du 7 septembre 1888, a été lancé en 1892.

Les essais ont eu lieu en décembre 1893.

C'est un navire de formes élégantes et simples; son étrave est légèrement renversée; l'arrière présente également une certaine rentrée. Toute la partie centrale du bâtiment est surélevée par un grand rouf surmonté d'une superstructure. Il a deux mâts avec double hune et deux cheminées. Une voilure goélette

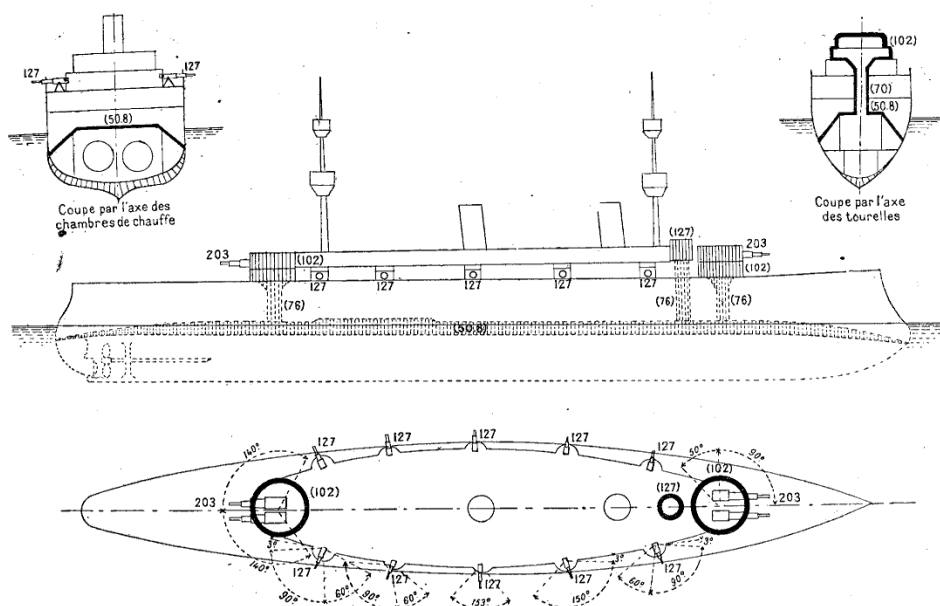


Fig. 97. — Olympia.

permet d'appuyer le navire en cas de grosse mer. Au-dessus du pont blindé, un double entrepont règne de l'avant à l'arrière. Les hauteurs de franc-bord sont de 6^m,40 à l'avant et de 5 mètres à l'arrière.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	106 ^m ,37
Largeur	16 ^m ,15
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,55
— arrière	7 ^m ,00 (?)
Déplacement correspondant	5 538 tonnes.
Charbon correspondant	406 —
Hauteur métacentrique	0 ^m ,636

Coque. — La coque est en acier, à double fond; elle possède un cloisonnement assez développé. Au-dessous du pont blindé, il y a douze cloisons étanches transversales et une cloison longitudinale de chaque bord. Dans la tranche cellulaire se trouvent vingt cloisons transversales et trois cloisons lon-

gitudinales, afin de constituer successivement en partant de l'intérieur les soutes latérales, le corridor et enfin le cofferdam, épais de 0^m,836 et qui part du pont blindé pour monter à 1^m,219 au-dessus de la ligne de flottaison. La tranche cellulaire contient en tout 93 compartiments étanches.

La carène porte deux quilles à roulis sur environ la moitié de la longueur.

Protection. — Un pont blindé en forme de trapèze s'étend de l'avant à l'arrière. Il se raccorde avec le bordé à 1^m,346 au-dessous de l'eau et monte au maximum à 0^m,305 au-dessus de la flottaison. Son épaisseur est partout de 25^{mm},4 × 2, soit 50^{mm},8. Sur les parties inclinées aux extrémités, une troisième plaque porte l'épaisseur à 76^{mm},2. Par le travers des machines l'épaisseur totale est de 120^{mm},6.

Les panneaux des machines sont protégés par des glaces inclinés placés au-dessus de la partie horizontale du pont. Le blockhaus du commandant est protégé, croyons-nous, par des plaques de 127 millimètres et communique avec l'intérieur du bâtiment par un tube de 76 millimètres d'épaisseur.

Les deux grosses tourelles pour canons de 203 millimètres, situées à l'avant et à l'arrière du rouf, ont, pour leurs barbettes, des plaques de 102 millimètres d'épaisseur; c'est également, paraît-il, l'épaisseur maximum de la carapace. Chacune d'elles a un tube-support, constitué par un cylindre surmonté d'un tronc de cône dont l'épaisseur est de 76 millimètres. Les masques des pièces de 127 millimètres ont une épaisseur maximum de 100 millimètres; ceux des pièces de 57 millimètres ont 50 millimètres d'épaisseur maximum. Ni pour les pièces de 127 millimètres ni pour celles de 57 millimètres le blindage ne forme casemate.

Machines et chaudières. — Deux machines verticales à trois cylindres et à triple expansion sont chacune dans une chambre séparée; elles actionnent chacune une hélice.

Les deux arbres de couche convergent fortement vers le centre du navire. Les plaques de fondation des deux machines sont reliées entre elles, disposition à laquelle les Américains pensent être redevables des faibles vibrations de l'*Olympia*. Les machines ressemblent beaucoup à celles du *Columbia*. Les cylindres ont respectivement 1^m,067, 1^m,499 et 2^m,337; la course est de 1^m,067. Le cylindre à haute pression porte un tiroir cylindrique de 0^m,457 de diamètre; le cylindre intermédiaire a deux tiroirs cylindriques de 0^m,584; le cylindre à basse pression, quatre tiroirs de 0^m,533. La longueur des bielles est de 2^m,134.

Il y a quatre chaudières à double façade et deux à simple façade à 11^{kg},709. Elles sont placées dans quatre compartiments distincts que constituent une cloison longitudinale centrale et une cloison transversale.

Les premières ont chacune huit foyers avec lames d'eau centrales pour diviser

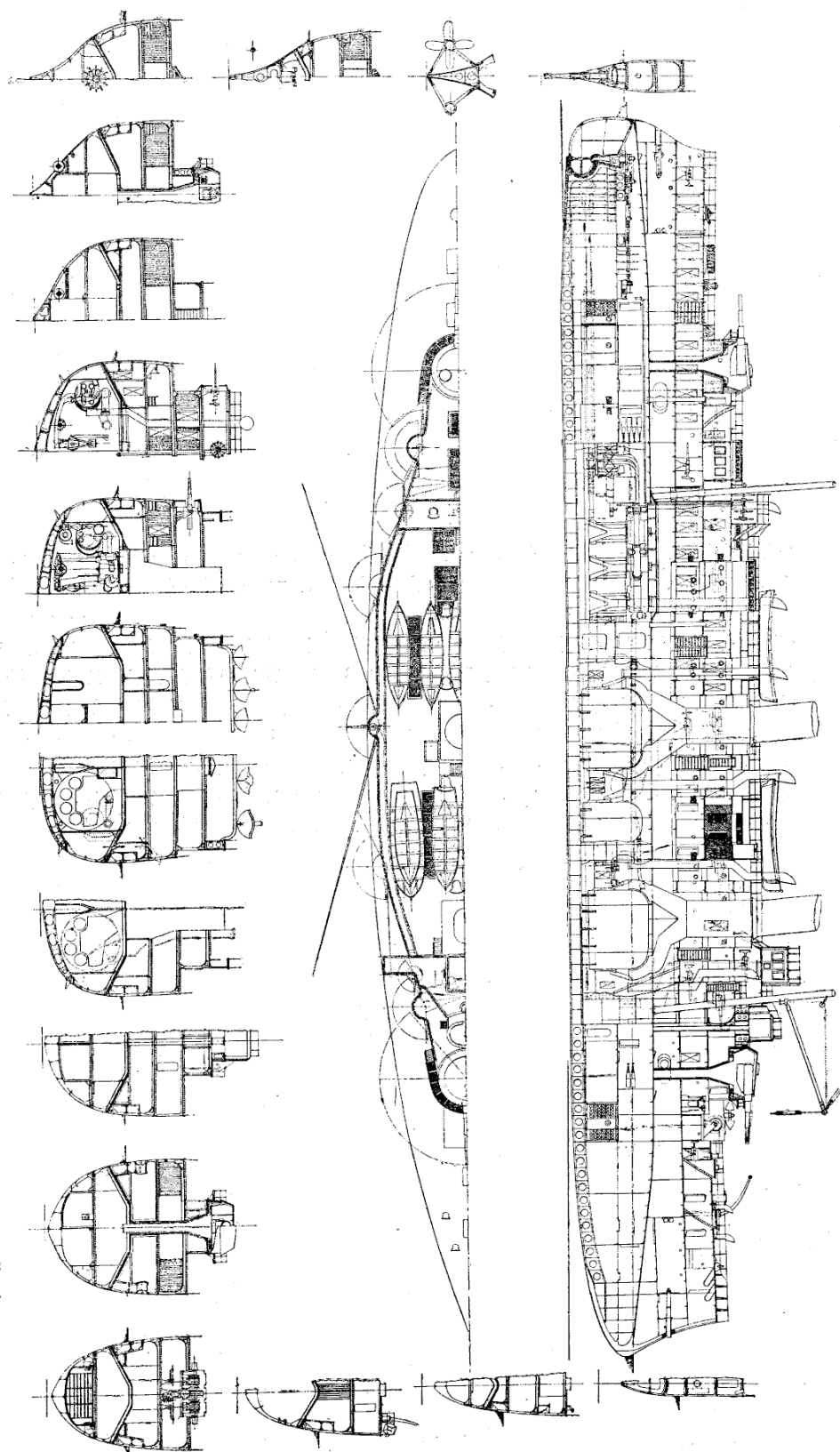


Fig. 98. — *Olympia*. Le demi-plan du pont ci-dessus, exécuté sur un avant-projet, n'indique qu'une seule pièce de 203 à l'avant et une à l'arrière. En réalité, les tourelles avant et arrière de l'*Olympia* sont occupées chacune par deux canons de 203 accouplés par paires.

la chambre de combustion. Elles ont $4^m,65$ de diamètre et $6^m,481$ de long. Les chaudières à simple façade ont le même diamètre et $3^m,341$ de long; elles n'ont que quatre foyers. Tous les foyers ont uniformément $0^m,99$ de diamètre intérieur; les ondulations des tôles sont alternées dans les foyers voisins. La surface totale de grilles est de $76^m^2,55$; la surface de chauffe totale de $2\,628^m^2,90$. Sur l'*Olympia* comme sur la plupart des bâtiments américains qui lui ont succédé, on peut, à l'aide de leviers, imprimer aux grilles un mouvement d'oscillation très utile pour le nettoyage en marche.

Le poids total des machines, chaudières et appareils accessoires est de $1\,234^t,51$. Les deux condenseurs ont ensemble $1\,764^m^2,17$. Chaque condenseur a

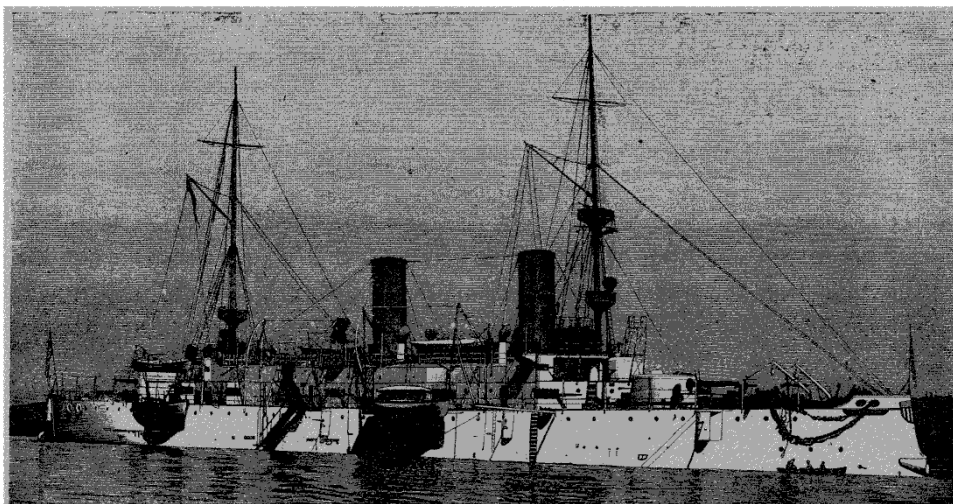


Fig. 99. — *Olympia*.

deux pompes ayant chacune un débit de $30^t,668$ à la minute. Toutes ces pompes peuvent servir à épuiser le bâtiment à l'aide d'une robinetterie spéciale et d'un système général de drains.

On comptait réaliser 13 500 chevaux avec 129 révolutions et atteindre une vitesse de 20 nœuds. Aux essais, avec une pression d'air de 60 millimètres d'eau, on a développé 17 083 chevaux sans compter $188^{\text{chx}},3$ pour les pompes à air et de circulation et $281^{\text{chx}},3$ pour les ventilateurs et appareils divers. Les machines faisaient 139 tours à la minute et les pistons près de 5 mètres à la seconde.

La vitesse obtenue était de $21^m,68$. Il est vrai que le tirant d'eau moyen n'était que de $6^m,319$ au lieu de $6^m,55$, et la surface immergée du maître-couple de $85^m^2,01$ au lieu de $88^m^2,83$. Dans ces conditions, il convient de réduire la vitesse à environ 21 nœuds.

Au tirage naturel, on peut compter sur une vitesse d'environ 18 nœuds.

Pendant ces essais on brûlait 224^{kg},82 de charbon par mètre carré de grille et par heure.

L'approvisionnement de charbon en charge normale est de 406 tonnes, mais les soutes peuvent contenir jusqu'à 1 320 tonnes.

Le rayon d'action serait de 12 000 milles à 10 nœuds (?).

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 203 millimètres, accouplés dans les grosses tourelles à l'avant et à l'arrière du rouf central. et ayant un commandement d'environ 8^m,50 et un champ de tir de 280°;

10 pièces à tir rapide de 127 millimètres dans de petits encorbellements placés de chaque côté du rouf. 4 tirent en chasse directe et par le travers avec un angle de tir d'environ 153°, dont 3° en dedans de l'axe; 4 tirent en retraite dans les mêmes conditions; 2 tirent par le travers avec un angle d'environ 153°;

14 pièces à tir rapide, de 57 millimètres, dont 10 dans l'entrepont supérieur et 4 aux angles de la superstructure du rouf;

6 canons à tir rapide de 37 millimètres;

4 mitrailleuses;

6 tubes lance-torpilles, 4 mobiles par le travers, 1 fixe à l'arrière et 1 fixe à l'avant; ce dernier a été, croyons-nous, supprimé.

L'*Olympia* peut ainsi tirer, sans compter la petite artillerie; en chasse directe : 2 de 203 millimètres, 4 de 127 millimètres;

Par le travers : 4 de 203 millimètres, 5 de 127 millimètres.

Équipage. — L'équipage est de 460 hommes.

ATLANTA, BALTIMORE, BOSTON, CHARLESTON, CHICAGO, NEWARK, PHILADELPHIA
et SAN-FRANCISCO.

Description générale. — Tous ces bâtiments ont été lancés dans la période qui s'étend de 1885 à 1890. Le *Chicago* a été refondu en 1895.

Protection. — Ils déplacent tous plus de 4 000 tonnes, et sont protégés par des ponts en dos d'âne, dont l'épaisseur varie de 64 à 51 millimètres. A l'exception du *San Francisco* et du *Philadelphia* ils sont peu cloisonnés.

Machines. — Les machines sont horizontales, soit compound, soit à triple expansion. Il y a deux hélices.

Armement. — L'artillerie est composée de pièces de 127, 152, et 203 millim.

Ces navires diffèrent beaucoup entre eux comme coques et dispositions d'artillerie : l'*Atlanta*, le *Boston* et le *Charleston* sont bas sur l'eau. Ils sont chacun armés de deux pièces de 203 millimètres à l'avant et à l'arrière, et de six pièces de 152 millimètre dans la superstructure centrale. Sur l'*Atlanta* et le *Boston*, les

pièces de 203 millimètres sont en échelon, gauche-avant et droite-arrière, disposition étonnante, dont l'effet est de ne donner en chasse et en retraite directes que 1 pièce de 203 millimètres et 1 pièce de 152 millimètres.

Sur le *Charleston*, au contraire, les pièces de 203 millimètres à l'avant et à

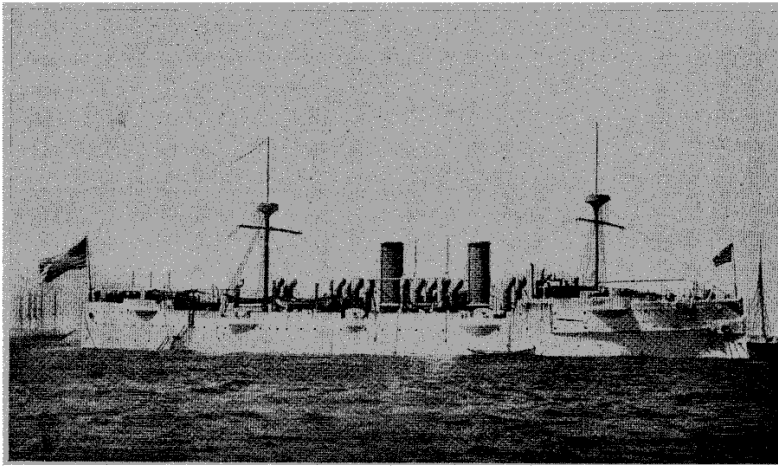


Fig. 100. — *Baltimore*.

l'arrière sont dans l'axe, ce qui donne, en chasse directe et en retraite directe, 1 de 203 millimètres et 2 de 152 millimètres.

Tous les autres navires sont très hauts sur l'eau, surtout à l'avant et à l'arrière, et paraissent être de très bons navires de mer.

Le *Baltimore* est armé de 4 canons de 203 millimètres, 2 sur la poupe et 2 sur la dunette, et de 6 de 152 millimètres placés dans des encorbellements sur le pont supérieur. Le navire peut tirer en chasse directe et en retraite directe :

	2 pièces de 203 millimètres.
	2 — de 152 —
par le travers :	
	2 pièces de 203 millimètres.
	3 — de 152 —

Le *Chicago*, primitivement armé de 4 pièces de 203 millimètres, 8 de 152 millimètres et 2 de 127 millimètres, porte aujourd'hui 14 pièces de 127 millimètres, à tir rapide : 4 montées dans des encorbellements, sur le pont supérieur, peuvent tirer dans l'axe du navire et par le travers ; les 10 autres, dont 4 en sabords d'angle, sont dans la batterie.

Le navire peut donc tirer ainsi en chasse directe et en retraite directe ;

	4 pièces de 127 millimètres.
par le travers :	
	7 pièces de 127 millimètres.

Le *Newark*, armé de 12 pièces de 152 millimètres, porte toute son artillerie sur le pont supérieur, dans des encoffrements. Il peut faire feu en chasse directe et en retraite directe avec 4 pièces ; par le travers avec 6 pièces.

Le *Philadelphia* et le *San-Francisco* sont, eux aussi, armés de 12 pièces de 152 millimètres : 2 sur la poupe, 2 sur la dunette et 8 dans des encoffrements sur le pont supérieur. Ils peuvent disposer en chasse directe et en retraite directe de 4 pièces ; par le travers, de 6 pièces.

Le *Chicago* a subi une transformation complète.

Ses anciennes machines ont été remplacées par deux machines à triple

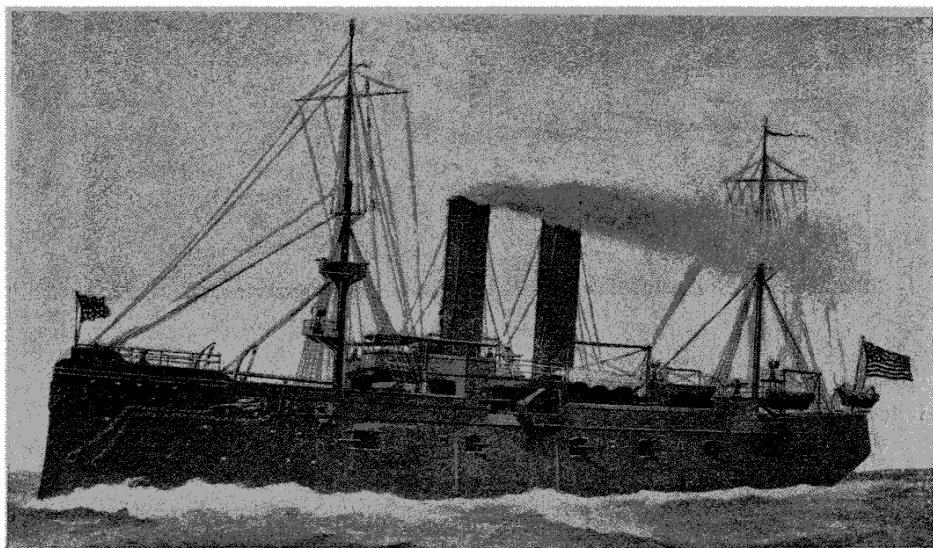


Fig. 101. — *Chicago*.

expansion placées dans deux compartiments étanches séparés et commandant chacune une hélice. Les diamètres des cylindres sont respectivement 0^m,850, 1^m,282 et 1^m,930 avec course des pistons de 1^m,016.

La vapeur est maintenant fournie par six chaudières aquitubulaires Babcock et Wilcox et quatre chaudières écossaises. La surface de chauffe des premières est de 1365^m²,6, celle des secondes de 795^m²,4, soit au total 2161^m²,0 ; les surfaces de grille sont 33^m²,4 pour les Babcock et 25,4 pour les écossaises. L'une de ces dernières chaudières a été construite en acier nickel à titre d'essai.

La puissance motrice a été portée de 5 000 à 9 000 chevaux et la vitesse de 15 à 18 nœuds. Les grosses pièces de 203 ont été conservées, mais l'artillerie moyenne a été remplacée par 14 pièces de 127 à tir rapide. Le tableau ci-après résume les données essentielles des croiseurs protégés américains :

Croiseurs protégés.

NOMS.	LIEU DE CONSTRUCTION.	DATE DU LANCEMENT.	MATÉRIAUX.	DIMENSIONS.					PROTECTION.					MACHINES.					APPROVISIONNEMENT de charbon.		ARMEMENT.	TUBES LANCE-TORPILLES.	EQUIPAGES. (hommes)			
				LONGUEUR.	LARGEUR.		TIRANT d'eau.	DEPLACEMENT correspondant.	AUX CÔTÉS.	BARBETTE.	CARAPACE.	PONT.	POSTE du Commandant.	TYPE.	HÉLICES.	TIRAGE naturel.		TIRAGE forcé.		normal.				maximum.		
				m.	m.	m.	m.	t.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.			ch.	Puissance.	Vitesse. (nœuds).	ch.	Puissance.	Vitesse. (nœuds).	t.	t.			
Baltimore . . .	Philadelphie.	1888	Acier.	99,82	14,78	6,25	»	4 674	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	»	10 200	20	»	406	»	IV, 203 mm. - VI, 152 mm. II, 203 mm. - VI, 152 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - IV, 37 mm., t. r. - VI, m. ou c.-r.	4	395	
Atlanta . . .	Chester.	1884	Acier.	82,36	12,80	5,18	6,50	3 240	»	»	»	64 à 51	»	»	1	»	4 086	16,5	»	»	»	»	II, 203 mm. - VI, 152 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - IV, 37 mm., t. r. - VI, m. ou c.-r.	»	282	
Chicago . . .	Chester.	1885	Acier.	99,06	14,08	5,79	6,80	4 573	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	8 800	18	»	»	»	»	XIV, 127 mm. t. r. II, 203 mm. - VI, 152 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - IV, 37 mm., t. r. - VI, m. ou c.-r.	»	400	
Boston . . .	Chester.	1884	Acier.	82,36	12,80	5,18	6,50	3 240	»	»	»	64 à 51	»	»	1	»	4 086	14,9	»	»	»	»	II, 203 mm. - VI, 152 mm. - II, 57 mm. t. r. - II, 47 mm. t. r. - IV, 37 mm., t. r. - VI, m. ou c.-r.	»	282	
Newark . . .	Philadelphie.	1890	Acier.	94,49	14,99	5,71	6,80	4 150	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	8 900	19	»	»	»	»	XII, 152 mm.	0	385	
Philadelphia . .	Philadelphie.	1889	Acier.	99,82	14,78	5,85	7	4 333	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	10 500	19,68	»	»	»	»	XII, 152 mm.	4	386	
San Francisco .	San Francisco.	1889	Acier.	94,49	14,99	5,71	6,80	4 150	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	10 540	20,17	»	»	»	»	II, 203 mm. - VI 152 mm.	4	386	
Charleston . . .	San Francisco.	1888	Acier.	95,10	14,02	5,87	6,80	4 105	»	»	»	64 à 51	»	Horizontales.	2	»	6 760	18,20	»	»	»	»	II, 203 mm. - VI 152 mm.	4	304	
Cincinnati . . .	Brooklyn.	1892	Acier.	91,44	12,80	5,49	5,80	3 243	»	»	»	64	»	Verticales.	2	»	10 140	19	»	»	»	»	I, 152 mm. - X, 127 mm. VII, 57 mm. - I, 37 mm. II, m.	4	312	
Hatlegh . . .	Norfolk.	1892	Acier.	91,44	12,80	5,49	5,80	3 243	»	»	»	64	»	Verticales.	2	»	10 140	19	»	»	»	»	I, 152 mm. - X, 127 mm. VII, 57 mm. - I, 37 mm. II, m.	4	312	
Detroit . . .	Baltimore.	1892	Acier.	78,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	»	11	»	»	2	»	5 474	17	»	»	»	»	II, 152 mm. - IV, 101 mm. - VI, 57 mm. - II, 37 mm. - II, m. (?)	3	274	
Merchmont . .	Boston.	1892	Acier.	71,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	»	11	»	»	2	»	5 474	17	»	»	»	»	II, 152 mm. - IV, 101 mm. - VI, 57 mm. - II, 37 mm. - II, m. (?)	»	274	
Montgomery . .	Baltimore.	1892	Acier.	71,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	»	11	»	»	2	»	5 474	17	»	»	»	»	I, 152 mm. - IV, 101 mm. - VI, 57 mm. - II, 37 mm. - II, m. (?)	3	274	

DENVER

Les six croiseurs protégés dont la construction a été approuvée par l'acte du 3 mars 1899, ont été dénommés : *Denver*, *Des Moines*, *Chattanooga*, *Galveston*, *Tacoma*, *Cleveland*; les données suivantes relatives à ces croiseurs protégés, sont empruntées à une communication de M. Hichborn devant la société américaine de Naval Architects (New-York, 16 et 17 novembre 1899).

Le *Denver* est en construction à Philadelphie. Le *Tacoma* à San Francisco.

Dimensions :

Longueur à la flottaison	89 mètres.
— totale	94 ^m ,10
Largeur extrême	13 ^m ,40
Tirant d'eau moyen (avec 474 tonnes de charbon et les deux tiers des provisions)	4 ^m ,80
Tirant d'eau à pleine charge	5 ^m ,18
Déplacement correspondant au tirant d'eau de 4 ^m ,80	3 250 tonnes.
Section du maître couple	57 ^{m²} ,15
Tonnes, par centimètre d'immersion	9 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond sur 62 mètres de long et compartimentage très développé (29 compartiments pour le double fond, 135 pour

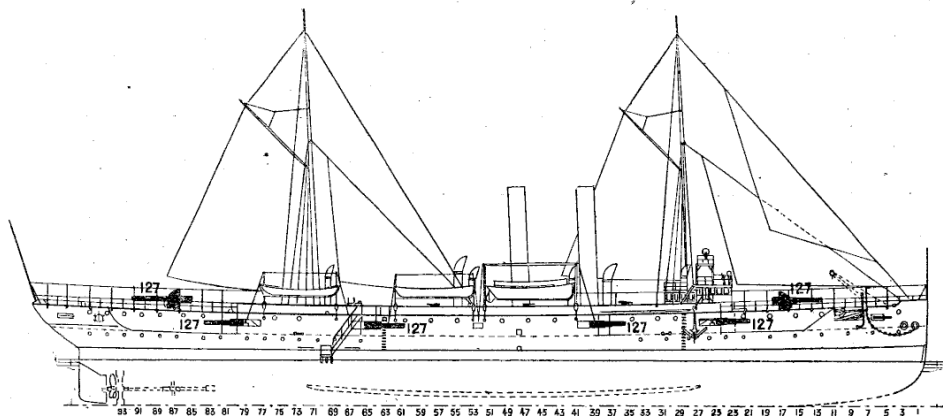


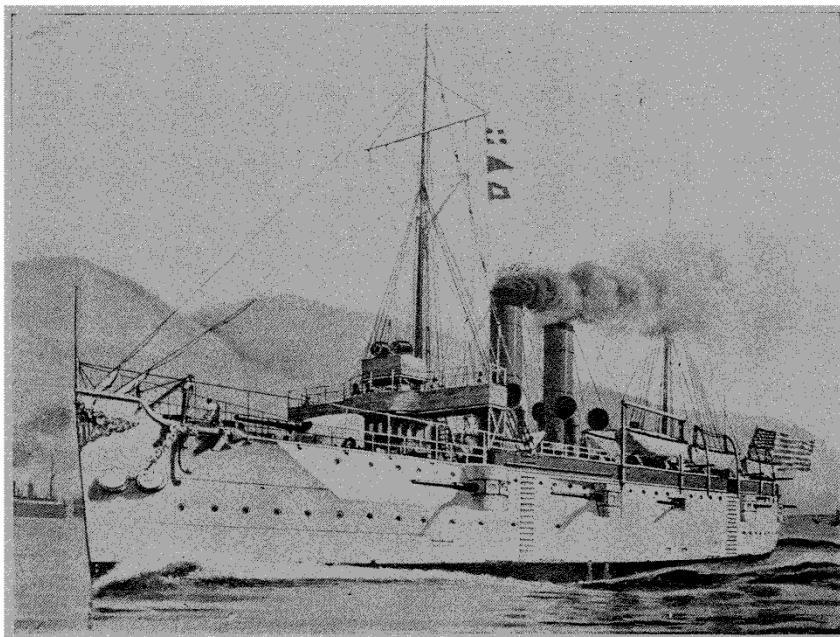
Fig. 102. — *Denver*.

la coque, dont 67 au-dessous du pont blindé). Doublage en cuivre. Quilles latérales d'une quarantaine de mètres de longueur; deux mâts à voiles; deux cheminées dans l'axe, montant à 21^m,33 au-dessus des foyers.

Devis des poids :

	Tonnes.
Coque et accessoires	1 733
Blindage du pont.	63
Cellulose	24
Armement et munitions	216
Équipement et provisions.	292
Machines (avec l'eau).	448
Charbon.	474
Total.	3 250

Protection. — Pont blindé à 13 millimètres seulement, à section trapézoïdale; la partie centrale est au-dessus de la flottaison, les pentes descendent au-dessous de l'eau. Ces pentes sont renforcées, sur 2^m,44 de large et 32 mètres

Fig. 103. $\frac{1}{2}$ — Denver.

de long (au-dessus des machines) par des plaques d'acier nickel de 51 millimètres (1).

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion et quatre cylindres

(1) Le bureau des Constructions aurait décidé depuis d'établir un pont blindé en dôme de tortue, descendant en abord au-dessus de la flottaison et dont l'épaisseur serait partout d'au moins 51 millimètres.

(il y a deux cylindres BP); les diamètres respectifs des cylindres sont : 0^m,457, 0^m,737 et 0^m,901, la course des pistons, 0^m,762. Puissance totale de 4 500 chevaux à 172 tours. Les machines sont placées dans deux compartiments séparés. Deux hélices.

Six chaudières aquitubulaires timbrées à 19^{kg},3 également réparties en deux compartiments séparés. Surface totale de grille d'au moins 28 mètres carrés, surface totale de chauffe de 1 200 mètres carrés.

L'approvisionnement normal de charbon serait de 479 tonnes, mais il pourrait être porté à 700 tonnes.

La vitesse aux essais devra être de 16ⁿ,5; les navires seront néanmoins acceptés, avec réduction de prix, si leur vitesse n'est pas inférieure à 15 nœuds et demi.

Armement. — L'armement comprendra :

10 canons de 127 (50 calibres), tir rapide, répartis de la façon suivante : 8 sur le pont de batterie en abord, dans des sabords en retrait, la paire d'avant tire en chasse et jusqu'à 60° sur l'arrière du travers; la paire suivante tire jusqu'à 83° vers l'avant, jusqu'à 60° vers l'arrière, soit un champ de tir total de 134°. Les deux paires arrière sont disposées d'une façon analogue par rapport à l'arrière. Le commandement moyen de ces canons est de 3,76; les sabords sont garnis de 43 millimètres d'acier nickel. Les deux autres canons de 127 sont montés derrière des masques blindés à 51 en acier nickel sur le pont principal, un à l'avant, l'autre à l'arrière, avec commandement de 6^m,50.

8 canons de 57 millimètres, tir rapide, dont 4 sur le pont de la batterie (2 à l'avant et 2 vers le centre) et 4 sur le pont principal.

2 canons de 37 millimètres tir rapide;

4 canons automatiques de Colt;

Les munitions comprendront 250 coups pour chacun des 10 canons de 127, 500 coups pour chacun des canons de 57; on fera usage de poudre sans fumée, et des dispositions spéciales seront prises pour maintenir à un minimum convenable la température des soutes.

Il n'y aura pas de tubes lance-torpilles.

L'équipage sera de 450 hommes.

(A suivre.)

AGRICULTURE

LA PLAINE DE CAEN, par M. Guénaux (1).

RACE BOVINE

On distingue dans le Calvados deux grandes variétés de la race bovine normande : la variété *cotentine* et la variété *augeronne*. La variété augeronne semble disparaître de plus en plus au bénéfice du type cotentin ; c'est ce dernier type que l'on rencontre dans la Plaine de Caen, mais avec moins de finesse, moins de pureté, comme l'indique bien la dénomination de *variété campagnarde* donnée parfois à la population bovine de la plaine ; les animaux élevés au piquet, dans les herbages artificiels presque toujours dépourvus d'eau d'une plaine labourée, ne sauraient être évidemment comparés à ceux qui vivent dans les plantureux herbages naturels du Bessin et du Cotentin. Aussi les bons éleveurs de la plaine, pour empêcher leurs vaches cotentines de s'alourdir et de retourner au type commun, sont-ils obligés de régénérer chaque année leurs étables par des importations de génisses achetées dans le Bessin ou la Manche.

Dans toute la Plaine de Caen, on nourrit des vaches laitières ; leur nombre est proportionné à l'étendue et à l'importance des fermes ; elles fournissent le lait et le beurre nécessaires à la consommation du ménage et l'excédent du beurre qu'elles produisent est vendu aux marchés les plus voisins ; près de Caen, ou le long de la côte, en été, on a plus d'avantage à vendre le lait en nature. — Chaque ferme élève des génisses lorsqu'elles annoncent pouvoir devenir de belles vaches ; ces génisses sont destinées à remplacer les vaches que l'on vend chaque année. Les taureaux sont presque tous livrés à la boucherie à l'âge de trois semaines ou un mois. Il y a toujours des cultivateurs qui ont des taureaux étalons, non seulement pour leurs vaches, mais encore pour servir les autres vaches des environs ; ils prennent de 4 à 5 francs par saillie suivant la beauté du taureau. — On fait saillir généralement les génisses à deux ans ; certains culti-

(1) Voir les *Bulletins* de février, mars, avril, juin, septembre et novembre 1900.

vateurs les font saillir dès l'âge de dix-huit mois, mais les éleveurs considèrent la saillie à cet âge comme prématurée; la gestation hâtive semble en effet compromettre la croissance des races peu précoces, telles que la normande, alors qu'elle ne nuit pas au développement des femelles des races améliorées et à squelette fin. Les saillies ont lieu de mars à juillet.

Comme il y a très peu d'herbages dans la plaine, les vaches sont nourries en partie à l'étable et en partie aux champs. On les mène aux champs le matin; elles restent au piquet, comme les chevaux, pendant toute la durée de la belle saison; on les ramène chaque soir à la ferme et on les met dans l'étable, à moins qu'on ne les laisse en liberté dans la cour; parfois même, on les laisse la nuit

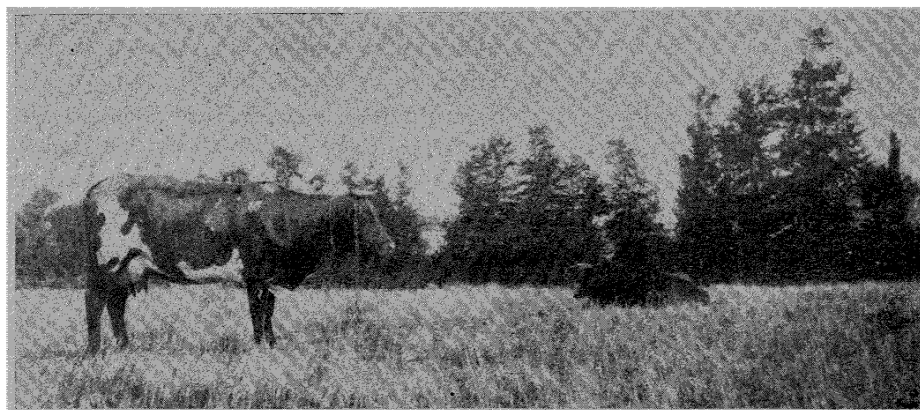


Fig. 30. — Vaches au piquet.

dans les champs. — On nourrit en vert les vaches avec du trèfle, des pois, des vesces, du sarrasin (en mélange), du moha; quand la nourriture devient rare dans l'arrière-saison, on leur fait paître les regains de sainfoin. La nourriture d'hiver se compose de betteraves, de pommes de terre, de foin et de grosse paille, quelquefois, mais bien rarement, de maïs. Dans les petites exploitations des cantons côtiers, la ration journalière des vaches en stabulation se compose en moyenne de : 20 à 30 litres de carottes et de betteraves fourragères coupées et mélangées, 10 à 12 kilos de foin, et 10 à 12 litres de son, mélangé souvent par moitié avec de la farine d'orge.

Les jeunes veaux reçoivent, deux fois par jour, environ 5 litres de lait caillé; on y ajoute peu à peu du son en augmentant la dose d'une façon continue, de façon qu'ils puissent être sevrés au bout de six mois; à la fin d'août, on les conduit sur les champs de céréales où ils trouvent des herbes tendres en abondance, et, au bout d'une dizaine de jours, sur les foins de seconde pousse.

Une bonne vache donne de 16 à 24 litres de lait par jour, dans la première partie de la période de lactation; la moyenne est d'environ 10 litres par jour, ce qui correspond à un rendement de 3 400 litres par an. On traite les vaches trois fois par jour, surtout pendant les premiers mois qui suivent le vêlage. Il faut, en moyenne, 16 litres de lait pour obtenir un demi-kilogramme de beurre.

A côté de ses grandes qualités laitières, qui sont universellement renommées, la race bovine normande a certains défauts; nous insisterons ici sur ces imperfections, beaucoup moins accusées maintenant qu'autrefois, mais que l'on retrouve plus fréquemment dans la population de la Plaine de Caen.

Pour l'ensemble de la race, la poitrine est étroite et peu profonde; les épaules, saillantes et élevées, laissent derrière elles une dépression qui sangle le thorax; le dos est un peu tranchant; l'échine s'infléchit dans la région lombaire et semble souvent comme abaissée sous le poids d'un ventre volumineux; la croupe est courte, oblique et pointue; les masses musculaires, peu développées, laissent apparaître des saillies osseuses très prononcées, aux côtes, aux membres, à tous les angles de l'avant-main et du bassin. — On a reproché depuis longtemps aux bêtes normandes de laisser à désirer comme précocité et comme animaux de boucherie; ces reproches sont encore exacts, mais il faut convenir qu'ils ont perdu beaucoup de leur justesse; la race bovine normande n'est plus aujourd'hui ce qu'elle était il y a cinquante ans; les éleveurs ont réussi, par une sélection attentive et persévérante, à réduire en partie le squelette, jadis proportionnellement trop volumineux, et par conséquent la taille, au bénéfice du développement des parties charnues du corps; les hanches sont à présent plus écartées, la cuisse mieux fournie et plus descendue, le dos et les reins sont plus larges et le volume de la tête tend à diminuer. Néanmoins, il reste des progrès à accomplir; la race normande n'est pas encore assez précoce, sa structure manque de finesse, enfin elle n'a pas suffisamment d'ampleur à l'avant-main.

Le défaut de précocité tient à l'alimentation le plus souvent insuffisante des jeunes; le désir d'obtenir le plus possible de lait fait réduire au minimum leur allaitement; on les habitue, peu de temps après leur naissance, à boire au seau et on reproche beaucoup aux cultivateurs normands de mettre trop d'eau dans le lait donné aux veaux; cette addition exagérée d'eau a pour conséquence de produire un ventre volumineux et disgracieux. Ce mauvais régime contribue à retarder la croissance des animaux, déjà peu rapide par elle-même. Le remède est donc tout indiqué: pour obtenir la plus grande précocité possible, il faut un allaitement complet, une alimentation abondante des jeunes animaux une fois sevrés et des soins d'hygiène mieux compris.

Un défaut très fréquent chez les vaches normandes est le peu de développement de la poitrine; un grand nombre d'entre elles sont *sanglées*. C'est un défaut inhérent à la race et que, loin de chercher à atténuer, on s'est au contraire

attaché à considérer comme un signe de bonne lactation; aussi trouve-t-on rarement une bonne laitière normande avec la poitrine ample et profonde, le passage des sangles bien fourni, la côte longue et arrondie. Cette conformation défectueuse ne nuit en rien à la fonction laitière, puisque le rendement en lait des normandes est très élevé. En 1861, le comte d'Osseville, un des hommes les plus compétents de son époque en matière d'élevage, s'exprimait ainsi à ce sujet : « Sans doute, vous pourrez chercher à corriger ce que notre famille cotentine, qui possède pourtant des types accomplis, a de trop anguleux dans les hanches et dans la pointe des ischions, mais gardez-vous de trop élargir les épaules, car vous enlèveriez à la race laitière un des caractères de son aptitude. »

Les éleveurs n'ont pas modifié leur opinion à ce sujet et ils craignent, en perfectionnant la race sous le rapport de la boucherie, de diminuer son aptitude laitière. Mais s'il est mauvais d'exiger chez la vache des caractères qui ne concordent pas, jusqu'ici, avec la qualité laitière, ce n'est pas une raison pour renoncer à améliorer la conformation de la race; on y peut arriver à l'aide de l'élément reproducteur mâle en procédant, dans le choix des taureaux, à une sélection intelligente et suivie; il suffit de nourrir abondamment les jeunes taureaux et de les choisir de race pure et de bonne conformation.

Nous ne pouvons d'ailleurs faire mieux que de rappeler ici les conseils déjà donnés aux éleveurs par le distingué professeur départemental du Calvados, M. Martin : rechercher les vaches les meilleures sous le rapport de la production laitière et, à cet effet, les examiner tout d'abord à l'arrière, mais avoir grand soin de rejeter comme reproducteurs les mâles à ossature grossière et de mauvaise conformation, et pour cela tenir compte, en première ligne, de leur structure à l'avant. Telles sont les grandes règles à suivre pour progresser avec certitude.

Déjà, grâce à l'institution d'un *Herd-Book* spécial à la race normande, les éleveurs sont entrés dans la bonne voie. Ce *Herd-Book*, qui date de 1883, ne fut pas accueilli au début avec beaucoup d'enthousiasme de la part des intéressés; mais en présence des résultats acquis en peu d'années, les bons éleveurs s'y sont ralliés aujourd'hui.

Herd-Book normand. — Le *Herd-Book* normand est un livre généalogique qui a pour but d'assurer le maintien du type de la race laitière normande, de la conserver pure de tout mélange, et de contribuer, par une sélection intelligente et continue à son amélioration. Le *Herd-Book* comprend, outre la liste des animaux reproducteurs de race pure admis à l'origine et qualifiés au point de vue des formes et des aptitudes laitières, la liste des animaux confirmés; cette confirmation ne porte que sur la pureté de race; elle est donnée aux animaux issus des reproducteurs admis à l'origine, ou de leurs descendants eux-mêmes confirmés.

Les ressources du Herd-Book normand se composent des allocations votées par les Conseils généraux et des versements faits par les éleveurs pour l'inscription des veaux nés de parents inscrits. Ce Herd-Book, actuellement un des plus



Fig. 31. — Vache normande.

importants de France, s'est organisé de lui-même, sans avoir demandé le secours de l'État; il a ainsi fait preuve de cette initiative individuelle que l'on

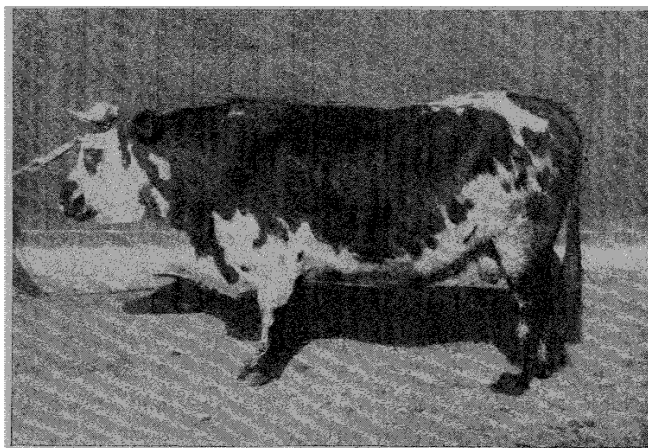


Fig. 32. — Vache normande.

rencontre rarement dans les milieux agricoles. Il a fait face aux dépenses de premier établissement, qui sont toujours assez considérables, par suite des frais de déplacement qu'exigent les tournées de classement. Aujourd'hui que les

ournées sont achevées et que le troupeau sélectionné est constitué, les inscriptions donnent un excédent de recettes. La Commission du Herd-Book a pensé avec raison qu'elle ne saurait en faire un meilleur usage qu'en récompensant les plus beaux animaux inscrits et en appelant spécialement ainsi l'attention du public sur les mérites des animaux de ce troupeau de race pure.

Le Herd-Book contribue, en effet, à augmenter la valeur de l'animal par le fait seul de son inscription; l'éleveur qui veut acquérir un reproducteur tient à avoir la certitude que la bête qu'il va acheter n'est le produit d'aucun croisement, et qu'il n'est pas exposé à des accidents d'atavisme; cette certitude est

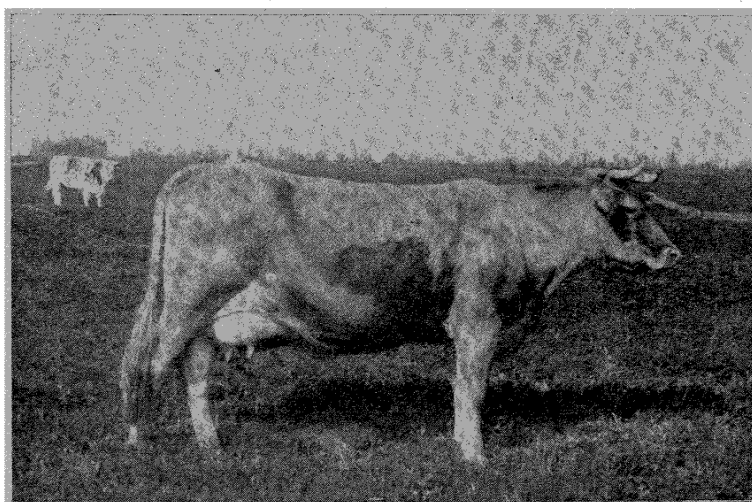


Fig. 33. — Vache normande.

fournie par le *pedigree* délivré par le vendeur à l'acheteur, elle augmente donc la valeur de l'animal. Cette plus-value n'est pas encore d'une évidence suffisante pour les petits cultivateurs, qui ne voient qu'une chose, lorsqu'ils font inscrire un veau qui vient de leur naître : la somme de 4, 5 ou 6 francs pour l'inscription. Ils ont de la peine à comprendre que dans deux ou trois ans l'animal vaudra 20 ou 30 francs de plus, peut-être davantage, par le seul fait de son inscription, et que la pièce de cent sous dépensée précédemment sera de l'argent bien placé. Pour le moment, il n'y a pour eux qu'un fait tangible, c'est la pièce de monnaie à sortir de leur poche, et ils se refusent à escompter le profit qui est lointain et hypothétique. Cette défiance, innée chez le cultivateur normand, ira certainement en diminuant peu à peu devant les faits acquis; ce n'est qu'une question de temps.

Déjà, dans ses volumes, la Commission du Herd-Book avait fait connaître le

nom des propriétaires des animaux inscrits qui avaient obtenu des récompenses, avec les noms et les numéros des animaux primés. En 1897, la Commission a décidé qu'une somme de 1000 francs serait désormais consacrée à donner des primes supplémentaires aux animaux inscrits qui seraient primés dans les concours de l'État. En outre, une somme de 500 francs sera distribuée au concours régional quand il se tiendra dans un des cinq départements de la Normandie; le concours d'Alençon (1898) a profité le premier de cette disposition.

Ces heureuses mesures sont des plus favorables à l'élevage, et elles contribueront, pour une bonne part, à l'amélioration de la belle race normande.

INDUSTRIE LAITIÈRE

Les principaux produits de la Plaine de Caen sont : le beurre, le lait et la crème; l'industrie fromagère est peu développée. Ces produits ont pour débouchés les marchés de Caen, de Bayeux et de quelques bourgs, les Halles centrales de Paris et, pendant les mois d'été, les stations balnéaires de la côte, pour les villages qui ne sont pas à plus de six kilomètres de la mer.

Le beurre fabriqué dans la Plaine de Caen est loin d'avoir la finesse et l'arome des fameux beurres d'Isigny; aussi ne se vend-il guère que 1 fr. 15 à 1 fr. 30 la livre, ce qui est peu rémunérateur. L'infériorité des beurres de la plaine tient tout d'abord au régime des vaches laitières, qui ne peuvent trouver sur le sol des environs de Caen l'herbe savoureuse des pâturages du Bessin et du Cotentin. Mais cette infériorité tient aussi en grande partie à la négligence que l'on apporte dans la fabrication du beurre; peu de fermes possèdent une laiterie spéciale bien organisée; dans la plupart, on travaille le lait dans la cuisine ou dans la salle commune, ou, si un petit réduit est réservé pour le traitement du lait, l'aménagement en est le plus souvent défectueux. Or, il y aurait grand avantage à améliorer la fabrication du beurre dans la Plaine de Caen; de bons beurres ordinaires trouveraient certainement un débouché facile et lucratif. Pour les obtenir, il faudrait rompre avec les vieux usages, et appliquer les nouvelles méthodes qui ont permis à quelques pays, en particulier au Danemark, de prendre en peu de temps une prépondérance marquée sur le marché anglais. On ne saurait trop, pour exciter un peu l'émulation des cultivateurs normands, comparer leur pays au Danemark; les deux pays ont à peu près la même superficie, l'été leur climat a beaucoup d'analogie, et les habitants ont la même origine; mais le Danemark, plus entreprenant, est beaucoup plus avancé dans la voie du progrès agricole. Les Danois, comprenant que les efforts collectifs sont mieux utilisés que les tentatives isolées, ont recours depuis 1882 à la coopération; un vaste réseau d'associations diverses couvre leur pays et englobe les populations

rurales; des associations d'éleveurs dirigent attentivement la production du bétail : les reproducteurs sont sévèrement sélectionnés, on veille partout à l'hygiène des animaux; aussi la population bovine est-elle arrivée à acquérir une aptitude laitière tout à fait remarquable. Pour utiliser le produit des étables, la coopération s'est portée vers l'industrie laitière et la fabrication du beurre; on compte aujourd'hui au Danemark plus d'un millier de laiteries coopératives, réunissant 148 000 associés; en très peu de temps, l'exportation

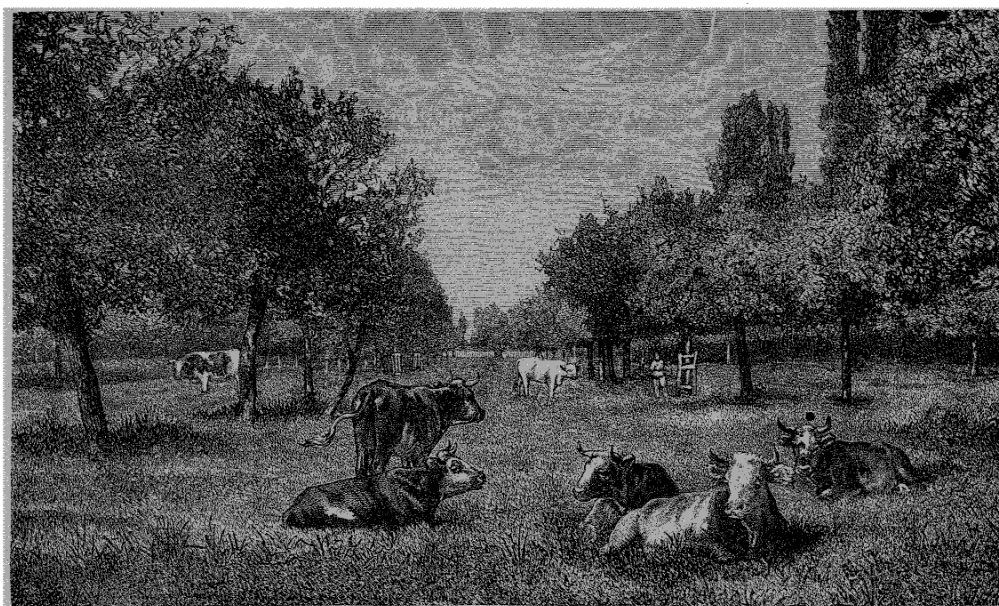


Fig. 34. — Un pâturage dans la vallée de l'Odon.

du beurre s'est élevée de 4 millions et demi de kilogrammes à 55 millions en 1899, ce qui est prodigieux pour un pays d'aussi faible étendue.

La crise qui sévit sur nombre de produits agricoles devrait engager les cultivateurs de la Plaine de Caen à faire plus d'élevage, de façon à produire le beurre et les fromages. Les débouchés ne manqueraient pas; ainsi l'Angleterre importe annuellement pour 645 millions et demi de beurre, de lait et de fromage; le Danemark, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Amérique du Nord, fournissent des envois considérables sur le marché de Londres. On est confondu quand on pense qu'un grand marché comme le marché anglais n'est pas alimenté, pour les objets de consommation qui lui sont indispensables, par les producteurs français, qui sont ses voisins les plus proches et, par conséquent, peuvent y transporter leurs produits très rapidement et à peu de frais. Il serait

désirable de voir adopter dans la Plaine de Caen les écrémeuses perfectionnées à grand travail, ce qui n'est possible que par l'association des capitaux et par l'abondance de la matière première. De puissantes sociétés coopératives seraient aussi mieux placées que les particuliers pour lutter contre la concurrence des beurres étrangers, que l'on doit considérer comme la véritable cause de la dépréciation de nos produits sur le marché anglais.

Déjà, les agriculteurs des Charentes se sont engagés résolument dans cette voie; des associations qui comprennent plus de 50 000 membres, pour la plupart petits cultivateurs, couvrent le territoire de cette région; et, bien que les pâturages des Charentes soient inférieurs à ceux de la Normandie, les beurres qui en proviennent dépassent souvent le prix des beurres normands, grâce à une meilleure préparation. Des résultats aussi significatifs amèneront nécessairement les agriculteurs normands à adopter eux aussi le système coopératif.

Le syndicat agricole du Calvados, dont le siège est à Caen, a fait un premier pas dans ce sens, en cherchant à supprimer les intermédiaires; il a organisé à Paris la vente en gros pour les beurres de ses adhérents. Un service spécial recueille le beurre dans les fermes, le transporte à la gare la plus voisine et l'expédie à tarif réduit: il est vendu aux Halles centrales par les soins de deux facteurs des beurres, représentants du syndicat; deux fois par semaine, ceux-ci lui transmettent le compte de leurs ventes avec les noms de chaque acquéreur. Le syndicat se charge, en outre, de faire expédier aux amateurs par des producteurs du pays d'Isigny des colis postaux de beurre fin de 3 et 5 kilos. Il en est de même pour les fromages de Camembert et de Pont-l'Évêque, que le syndicat fournit en grande quantité à la consommation directe.

Industrie fromagère. — L'industrie fromagère est très peu développée dans la Plaine de Caen. Cependant, la fabrication du fromage de Camembert, si importante dans le pays d'Auge, tend à s'implanter dans la plaine; on compte actuellement cinq fromageries: à Fierville, à Frenouville, à Giberville, à Périers-sur-le-Dan et à Laize-la-Ville.

La fromagerie de Périers existe déjà depuis dix ans. Elle achète le lait des fermes des environs, à raison de 0 fr. 45 le litre, pour l'utiliser à la fabrication du Camembert. En hiver, elle traite environ 4 200 litres de lait par jour, et fabrique de 5 à 600 fromages. Ces Camembert sont de bonne qualité et ont déjà obtenu des récompenses à divers concours; ils sont vendus à raison de 0 fr. 50 pièce et sont expédiés surtout au Havre; seuls les fromages de rebut sont envoyés aux Halles de Paris. Pendant la saison chaude, où la fabrication est très restreinte, les fromages sont vendus dans les localités voisines. — La fromagerie de Frenouville est de date plus récente; elle a commencé à fonctionner pendant la saison d'hiver de 1896-97. On y peut fabriquer 800 fromages par jour. La salle de mise en présure, les séchoirs et les caves sont fort bien installés; une

porcherie pouvant contenir 33 porcs est attenante à la fromagerie. Le lait est acheté dans les fermes des environs, à raison de 0 fr. 25 à 0 fr. 30 le pot (2 litres). Les Camembert fabriqués sont destinés au marché de Paris; leur prix de vente est de 0 fr. 50. On pourrait organiser facilement à Frenouville une fromagerie traitant jusqu'à 4 000 litres de lait par jour.

L'industrie fromagère est appelée, croyons-nous, à un bel avenir dans la Plaine de Caen, où elle peut devenir un nouvel élément de prospérité. Les pays de l'Amérique du Nord ont bien compris les avantages qu'ils pouvaient retirer de l'industrie fromagère et ils n'ont rien négligé pour la développer; les États-Unis ont produit, en 1895, 260 millions de livres de fromages et en ont exporté 76 millions; le Canada a porté sa production de fromages de 61 millions de livres en 1881 à 160 millions en 1895; les fromages canadiens jouissent d'une réputation légitime et atteignent des prix élevés sur les marchés étrangers; le Canada a expédié, en 1895, 146 004 650 livres de fromage en Angleterre. Que n'imitons-nous ce pays? L'Angleterre est pour les cultivateurs normands un débouché facile, beaucoup plus facile que pour l'Amérique, et il ne tient qu'à eux de l'utiliser.

Le développement de l'industrie fromagère dans la Plaine de Caen aurait sans doute un léger inconvénient; si les cultivateurs en arrivaient à vendre tout leur lait en nature aux fromageries, ils n'auraient plus le petit-lait, ce précieux résidu qui permet actuellement l'élevage des veaux et des porcs, source de revenus qui n'est pas à dédaigner; le profit en reviendrait alors aux fromagers qui entreprendraient cet élevage pour utiliser à bon compte le sous-produit de leur fabrication. Mais avec des fromageries coopératives, dans le genre des laiteries qui existent au Danemark, les cultivateurs pourraient reprendre tout ou partie du petit-lait, qu'ils utiliseraient ainsi directement, à leur grand avantage. L'association des agriculteurs s'impose d'autant plus que la fromagerie se développe un peu partout, en France comme à l'étranger, au fur et à mesure que la consommation s'accroît; des sociétés coopératives sont donc nécessaires pour lutter avec succès contre la concurrence.

MOUTONS

Les moutons de la Plaine de Caen sont, pour le plus grand nombre, de l'ancienne race du pays. Les mérinos s'étaient substitués en partie aux moutons indigènes, depuis le commencement du siècle, partout où ils avaient trouvé des conditions favorables à leur tempérament; mais la crise des laines les a fait abandonner; on ne trouve plus que quelques métis de mérinos et de moutons du pays. Des croisements de la race normande avec les Dishley et les

Southdown ont été tentés et ont donné de fort bons résultats; cela s'explique très bien, étant donné que le climat de la Normandie présente beaucoup d'analogie avec celui de l'Angleterre.

Le mouton du pays est très osseux, très haut sur jambes; il manque de formes, il n'a pas d'épaules; il est mince et fluët, sans poitrine : tous signes d'une mauvaise constitution. Sa laine est médiocre et son engraissement difficile; il est défectueux à la fois sous le rapport de la conformation, de la laine et de la précocité d'engraissement.

Les moutons d'Aunay-sur-Odon, dans le Bocage, sont renommés pour la

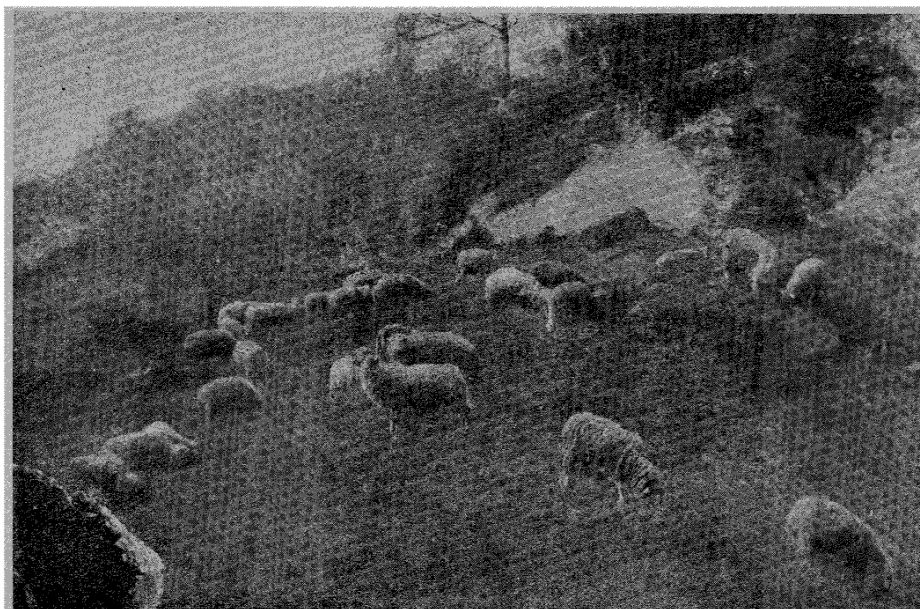


Fig. 35. — Un troupeau de moutons dans une vieille carrière.

qualité de leur viande. Mais le canton d'Aunay n'est pas, à proprement parler, un pays de production; les moutons que l'on vend à la boucherie d'Aunay sont des animaux d'ancienne race que l'on va chercher dans la Manche et qui deviennent parfaitement gras de deux à trois ans.

Depuis une quarantaine d'années, les troupeaux de moutons sont allés en diminuant dans la Plaine de Caen. L'abandon de cet élevage doit être attribué en grande partie à la suppression des jachères et à l'extension de la culture du colza et des plantes fourragères. Cependant, quels que soient l'assolement et le mode de culture adoptés, il devrait être toujours possible au cultivateur

intelligent d'entretenir sur sa ferme un certain nombre de moutons, sans élever pour cela ni moins de chevaux, ni moins de vaches laitières.

Autrefois, les moutons étaient le plus généralement réunis en troupeaux chez les gros cultivateurs. Le nombre de moutons que comportait une ferme, dépendait de l'assolement adopté : dans l'assolement biennal il fallait un hectare de terre par mouton, et un peu moins dans l'assolement triennal.

Actuellement, on ne voit plus que des bergers propriétaires de leurs troupeaux ; ils ne cultivent pas de terres, mais ils mènent leurs moutons sur les diverses exploitations du pays. Même les fermiers qui ont assez d'étendue pour pouvoir nourrir un troupeau, confient à ces bergers les quelques moutons qu'ils possèdent ; ils s'acquittent envers eux en les laissant conduire leurs troupeaux sur les terres des uns et des autres à tour de rôle. On ne cultive donc rien ou presque rien pour les moutons ; ils vivent le plus souvent sur les terres dont on a enlevé les récoltes et sur les terres labourées où il a poussé quelques herbes. Ils trouvent encore leur subsistance le long des chemins. Ces moutons mènent en général une vie misérable. L'hiver, les troupeaux sont très réduits ; on les nourrit alors avec des fourrages secs, tels que trèfle, vesce, etc.

Les troupeaux sont composés de brebis portières et de moutons ; ils sont de 100 à 150 têtes. Le produit consiste, pour les brebis, dans le recroi des agneaux qu'on vend après avoir remplacé les brebis trop vieilles et celles qui sont mortes, et dans les toisons, qui ont généralement peu de valeur ; pour les moutons, dans la valeur dont augmente chaque animal dans l'année et dans la valeur des toisons.

PORCS

La race normande est caractérisée par sa couleur blanche, ses longues oreilles tombant sur les yeux et ses jambes un peu hautes. Elle s'engraisse très lentement et est de peu de valeur ; les types les plus améliorés se rencontrent surtout dans la vallée d'Auge ; mais le porc normand tend à disparaître d'année en année devant son voisin, le craonnais, si remarquable par sa conformation et si renommé pour la charcuterie et la salaison.

On nourrit et on engraisse des porcs dans toutes les fermes, non seulement pour la consommation de la ferme, mais encore pour la vente. Leur nombre est proportionné à la quantité de nourriture que peut fournir chaque ferme. Cette nourriture se compose de lait aigre et de lait de beurre, auxquels on ajoute des feuilles d'orties et de choux hachées et du son et, enfin, tous les débris de la cuisine et les lavures de vaisselle. L'hiver on leur donne parfois des marcs de pommes, et la lie du cidre quand les tonneaux sont vidés. Lorsque les

cochons ont atteint l'âge d'un an ou de dix-huit mois, on les engraisse en leur donnant un ou deux hectolitres d'orge moulu avec le son; on les tient alors soigneusement enfermés. Puis on les tue ou on les porte vivants au marché.

VOLAILLES

L'élevage des volailles est beaucoup trop négligé dans les exploitations de la Plaine de Caen; la production bien comprise des animaux de basse-cour est cependant une source d'importants bénéfices. Les fermes normandes devraient être les premières à pourvoir le marché anglais en volailles et en œufs; or, sur 112 millions d'œufs et de volailles qu'importe chaque année l'Angleterre, la Normandie ne fournit qu'une douzaine de millions, tandis que l'Italie en envoie la même quantité, malgré l'énorme distance qui la sépare de la Grande-Bretagne. L'établissement d'un service de bateaux entre Caen et New-Haven (1893) a déjà favorisé les exportations en Angleterre; il faut espérer qu'elles iront encore en s'accroissant.

Il n'existe pas dans la Plaine une race de volailles absolument pure; on y rencontre un mélange de plusieurs races, les Dorking, les Crèvecœur, avec la race commune. Il faudrait procéder à une sélection attentive, rechercher notamment les poules bonnes pondeuses, améliorer leur nourriture et leur aptitude à l'engraissement. Avec quelques soins, les volailles normandes pourraient facilement reconquérir leur ancienne réputation, dont il ne reste que le souvenir; on peut citer, à ce propos, cette phrase bien caractéristique que l'on retrouve dans les *Lettres de M^{me} Geoffrin* : « Les meilleures poulardes sont celles que l'on fait venir de Caen, de chez M^{me} Varin, rôtisseuse, place Saint-Pierre. »

Les deux principaux centres pour les volailles sont Crèvecœur (volailles fines) et Aunay-sur-Odon. On élève aussi dans la Plaine de Caen des dindons et des oies; on rencontre assez fréquemment, après la moisson, des troupeaux de dindons qui cherchent leur nourriture dans les chaumes. Aux approches de Noël, de grandes quantités de dindons et d'oies sont expédiées du port de Caen sur l'Angleterre.

ÉCONOMIE RURALE

CONSTITUTION DE LA PROPRIÉTÉ

Nous pouvons nous rendre compte du nombre de propriétaires dans la Plaine de Caen par le nombre de cotes foncières. D'après les relevés faits en 1884, le nombre des cotes foncières se répartirait ainsi entre les divers cantons de l'arrondissement de Caen :

CANTONS.	DE 20 fr. et au-dessous.	DE 20 fr. 01 à 30 fr.	DE 30 fr. 01 à 50 fr.	DE 50 fr. 01 à 100 fr.	DE 100 fr. 01 à 300 fr.	DE 300 fr. 01 à 500 fr.	DE 500 fr. 01 à 1 000 fr.	DE 1 000 f. 01 et au-dessus.	TOTAUX.
Bourguébus.	3 670	201	193	185	131	29	37	10	4 436
Caen.	7 767	376	376	399	263	37	31	8	9 259
Creully.	4 176	382	373	320	227	41	42	24	5 587
Douvres.	4 981	393	397	377	243	46	42	14	6 493
Évrecy.	4 500	308	372	263	235	49	41	17	5 785
Tilly.	4 014	348	389	334	273	62	46	23	5 509
Troarn.	4 232	360	359	371	309	60	61	32	5 784
Villers-Bocage.	3 020	282	286	240	173	39	29	12	4 081
TOTAUX.	36 360	2 650	2 747	2 509	1 856	363	329	140	46 934

Le nombre des cotes est plus grand que celui des propriétaires, car on établit les cotes par communes et un même individu peut être propriétaire sur plusieurs communes, un même propriétaire peut aussi avoir deux, trois, quatre cotes dans une seule commune. Cependant le dépouillement des cotes foncières donne des indications sérieuses sur la division de la propriété. Ainsi, on a calculé que, pour le Calvados, le nombre de propriétaires par 1 000 cotes était de 592 ou par 1 000 habitants de 245. Cela représente environ 26 000 propriétaires pour l'arrondissement de Caen.

L'étendue moyenne des exploitations dans la Plaine de Caen est de 50 hectares. On peut considérer comme petites les fermes de 0 à 25 hectares, comme moyennes celles de 25 à 80 hectares, comme grandes celles de 80 à 150 hectares et comme très grandes celles qui dépassent 150 hectares. On compte qu'une *ferme d'une charrue* doit être environ de 25 hectares de terres labourables ; le plus grand nombre des fermes sont d'une à deux charrues. — La petite propriété se rencontre surtout à la périphérie de la plaine de Caen, dans le Bocage ou bien sur la côte, car elle s'y trouve à sa place ; on s'explique, par contre,

que les fermes d'une certaine étendue soient communes dans la plaine, où elles peuvent s'étendre à l'aise ; c'est pourquoi la très petite propriété semble devoir rester confinée dans les parties qu'elle occupe actuellement. Les propriétés d'un seul tenant ne sont pas rares dans la plaine ; mais on rencontre aussi des cas de morcellement très accentué.

Valeur des terres. — Longtemps, la valeur des terres a été en augmentant ; mais, depuis une vingtaine d'années, elle manifeste une tendance contraire. Suivant l'évaluation faite en 1851, le revenu cadastral s'élevait, dans le Calvados, pour les terres labourables ordinaires, à 10 875 587 francs, et d'après l'évaluation faite en 1879, sur les mêmes bases, à 9 909 744 francs ; la valeur des terres avait donc diminué de 9 p. 100 pendant cette période. En 1881, le revenu net imposable, pour ces mêmes terres, était, d'après un nouveau mode d'appréciation, de 26 317 247 francs ; en appliquant à ce chiffre la majoration de 290 p. 100 que présente à peu près la différence existant entre les résultats de l'évaluation cadastrale et le mode admis pour la nouvelle appréciation, on constate que les terres labourables ordinaires ont diminué exactement de 8,30 p. 100.

Les chiffres suivants, relatifs à une ferme de 70 hectares, de la Plaine de Caen, permettront de se rendre compte de la baisse considérable qui s'est produite depuis quarante ans dans la valeur des terres. Cette ferme avait, en 1865, une valeur de 220 000 francs et se louait à raison de 9 000 francs par an ; vingt ans après, en 1885, on ne trouvait plus à la louer que 7 000 francs. En 1895, elle fut vendue 130 000 francs, ayant ainsi perdu 90 000 francs de sa valeur primitive ; enfin, en 1896, elle n'était louée que 5 500 francs, 1 500 francs de moins qu'en 1885. Une autre ferme de la plaine qui, en 1865 valait 150 000 francs et se louait 7 000 francs, était vendue, en 1896, 100 000 francs et son prix de location tombait à 4 500 francs. Ces chiffres ont leur éloquence et traduisent bien la terrible crise qui pesa sur la culture à la suite de la baisse des graines oléagineuses et des céréales. La dépréciation des propriétés foncières s'est surtout fait sentir depuis 1875 ; à cette époque :

les terres de première qualité valaient 30 francs la perche, c'est-à-dire 5 000 francs l'hectare.

— de qualité moyenne	— 20 — — —	— 3 à 3 500 — —
— de qualité inférieure	— 15 — — —	— 2 à 2 500 — —

Actuellement :

les terres de première qualité valent 20 à 25 francs la perche ou 3 à 4 000 francs l'hectare.

— de qualité moyenne	— 10 à 15 — — —	— 1 600 à 2 500 — —
— de qualité inférieure	— 8 à 10 — — —	— 1 300 à 1 600 — —

Mais si la valeur du sol a diminué d'une façon uniforme, le prix de location n'a pas toujours baissé dans les mêmes proportions ; le voisinage de Caen, celui

de la mer, la facilité de se procurer des engrais et surtout l'activité du fermier en sont les causes principales. Dans les fermes renommées à la fois pour la qualité de leurs terres et l'intelligence du fermier, la perche se loue encore de 0 fr. 70 à 1 franc, ce qui représente un prix de location de 160 francs à l'hectare; le prix minimum de location, il y a quinze ans, était de 200 francs. Les bonnes terres ne se louent plus en général au delà de 150 francs l'hectare; quant aux terres de mauvaise qualité, elles se louent environ 70 francs l'hectare; souvent même il est impossible à leur propriétaire de trouver un fermier qui paie ses loyers.

MODES D'EXPLOITATION

On trouve dans la Plaine de Caen deux modes d'exploitation : la *culture directe* et le *fermage*, ce dernier étant de beaucoup le plus important.

La condition de fermier est loin d'impliquer toujours une situation inférieure à celle de propriétaire. Les grands fermiers tiennent, avec les grands propriétaires exploitants, la tête de l'agriculture dans la plaine et on leur doit une partie des améliorations réalisées depuis quelques années; l'initiative est venue de la grande ferme. Nombre de propriétaires ne cultivent pas eux-mêmes leurs terres, surtout pour avoir des points de contact moins nombreux et moins pénibles avec la main-d'œuvre et pour s'épargner une foule de soins et de soucis. Parfois le propriétaire essaie de cultiver ses terres; dans la plupart des cas, il est ignorant des choses de la culture : il doit s'en rapporter à ses serviteurs et ceux-ci ne font rien qui puisse servir ses intérêts. Il afferme alors ses terres et cherche uniquement à toucher tout le fermage possible sans s'occuper de son domaine; il reste sourd à toutes les réclamations de son fermier et lui refuse tout concours, au lieu de prendre l'initiative des améliorations agricoles et de donner le bon exemple dans le pays. Le fermier de son côté, rebuté par le refus de son propriétaire, se lasse de la vie rurale et cherche à faire entrer ses enfants dans les carrières administratives ou commerciales, conséquence des plus graves pour l'avenir de l'agriculture. Quelques propriétaires fonciers, cependant, n'ont pas cessé de s'occuper de leurs domaines; il en est qui se sont mis résolument à étudier sur place les causes de la crise agricole et ont travaillé à améliorer leurs terres en y apportant tous les perfectionnements d'une culture méthodique et progressive; c'est là la meilleure façon de servir la cause agricole et les intérêts du pays.

Un préjugé trop répandu consiste à croire que les intérêts des propriétaires et des fermiers sont opposés; c'est une idée fausse, qu'il faut combattre par tous les moyens : le propriétaire et le fermier ne sont autre chose que deux associés,

l'un fournissant le capital, l'autre son travail et son intelligence; l'objet de l'association est d'en tirer tout le profit possible; les deux associés doivent par suite apporter toutes les améliorations qui sont dans la limite de leurs moyens, le propriétaire se chargeant des améliorations foncières et le fermier des améliorations mobilières. Si propriétaires et fermiers comprenaient que leurs intérêts sont solidaires, qu'ils sont des associés et non des adversaires, ils seraient plus forts pour lutter contre la crise agricole.

Du fermage dans la Plaine de Caen. — Il y a lieu de considérer, dans la Plaine de Caen, quatre catégories d'exploitations agricoles. La première comprend les fermes composées principalement de terres en labour avec bâtiments d'habitation et d'exploitation; la deuxième, les fermes composées d'herbages et de prés; la troisième, les fermes dans lesquelles entrent en proportion importante des terres de labour et des herbages ou prés. Enfin, la dernière catégorie se compose de parcelles de terre, affermées isolément, sans bâtiments d'habitation et d'exploitation.

1^{re} Catégorie : Les baux correspondent à la durée de l'assolement. Celui-ci comprend trois rotations de trois ans. La durée des baux est, en moyenne, de neuf années; il y a peu de baux de six et de trois ans. L'entrée en jouissance a lieu le jour de la Saint-Michel (29 septembre). Tout ce qui a été inclus dans l'état des lieux ou ce dont il reste des traces doit être rendu en bon état par le fermier sortant; les mauvaises plantes laissées sur les terres par le fermier sortant peuvent donner lieu à une indemnité; les plantes reconnues comme étant les plus spécialement nuisibles aux terres de labour sont : le chiendent traçant ou chiendent ordinaire, le chiendent à chapelet, les doches ou oseille sauvage et les chardons. — Le fermier doit laisser à la fin du bail : un quart de la contenance totale des terres labourables en *étau* de blé; un quart en *étau* d'orge ou d'avoine; un quart en *compost* à blé (colza, hivernage, betteraves, foin de trois ans, etc.); un quart en foin d'un an et de deux ans. Aucun usage ne réglemente la proportion à laisser en cultures sarclées, pas plus que les proportions permises de plantes d'une culture épuisante. Dans la pratique, les betteraves industrielles sont assimilées aux betteraves fourragères; il en est de même pour les carottes. Le fermier sortant ne doit jamais faire deux récoltes successives pendant sa dernière année; s'il fait des seigles, des trèfles ou autres cultures analogues, il ne doit pas les remplacer. Il est d'usage que le fermier sortant laisse toutes les pailles sans exception, voire même le chaume du colza et les pailles de sarrasin, de pois et de vesce. Tous les fumiers frais doivent être laissés dans la ferme à partir du jour de Noël qui précède la sortie du fermier. Il n'existe pas d'usage relatif à l'emploi obligatoire des engrais verts.

Les fermages se règlent, la plupart du temps, uniquement en espèces. Jadis, on y joignait des *faisances* assez compliquées; nous donnons à titre de curio-

sité, les faisances ci-après, extraites d'un bail datant de 1829, concernant une ferme de Carpiquet :

Outre une somme d'argent de 6 000 francs, le fermier doit fournir au bailleur les faisances suivantes :

1° 6 chapons gras, 6 bons canards, 12 poulets; si le propriétaire ne juge pas à propos de réclamer les dites volailles en essence, elles seront payées, les chapons à raison de 2 fr. 25 chaque, les canards 1 fr. 25 et les poulets 0 fr. 60;

2° 8 journées de harnois ou charrois attelés de 5 à 6 chevaux chaque pour aller à Caen ou à pareille distance; chaque voiture sera chargée suffisamment, comme du poids de 100 bûches marchandes; les voitures qui ne seraient pas requises seront payées par le preneur à raison de 5 francs chacune;

3° fournir tous les ans pendant 3 mois, 120 écoussins par mois, soit 600 écoussins par an, et 1 000 bottes de paille à raison de 80 bottes par mois; le preneur devra charrier les écoussins et pailles en la ville de Caen au domicile du bailleur, il en remportera le fumier qui en sera provenu; si les dites pailles et écoussins ne sont pas requis, le preneur paiera chaque année une indemnité de 30 francs;

4° fournir tous les ans et apporter à Caen au domicile du bailleur 208 bottes de sainfoin, du poids de 15 livres la botte; lorsque le foin ne sera pas requis, il sera payé à raison de 30 francs le cent;

5° fournir, livrer et apporter à Caen au domicile du bailleur 14 sacs de blé avec un comble par sac, c'est-à-dire 14 sacs de blé de la mesure de Caen en 1789 et dont la comparaison sera faite pour déterminer le nombre de sacs que cela produira à la mesure actuelle; plus 30 boisseaux et 1/3 de boisseau de blé, 5 poules, 50 œufs et 3 fr. 60 en argent.

Ces faisances sont évaluées à 1 801 francs chaque année. Le pot de vin convenu pour ce bail est de 800 francs.

Outre ces faisances, le bailleur se réservait une foule de droits sur la ferme (Réserves). Dans le bail que nous venons de citer, le bailleur se réservait :

1° une grange, une petite écurie et un grenier qui sont dans la ferme; 2° le droit d'aller et venir dans la cour du fermier pour accéder à la grange et à l'écurie, le droit d'accéder au jardin fruitier, le droit de boulanger et de cuire à la boulangerie; 3° le droit de pouvoir reprendre en en prévenant le preneur un an à l'avance, à compter du jour de la Saint-Michel qui suivra la demande qui en sera faite, la jouissance du jardin fruitier, moyennant une diminution de prix de 60 francs chaque année; 4° le droit d'exiger des jeunes pigeons provenant du colombier, que le bailleur paiera 1 fr. 25 la douzaine. Les émondes de tilleuls formant promenade dans le clos rouge, l'herbe de dessous et les noix des noyers de ce même clos sont aussi réservés au profit du bailleur; 5° de jouir et de disposer comme il avisera des émondes des arbres plantés dans l'intérieur et autour d'une portion de terrain étant en face de la ferme qui est plantée en jeunes peupliers, ce terrain en totalité ainsi que les haies et fossés étant autour étant au surplus réservés au profit du bailleur; 6° de réclamer quand il le voudra tous les pommiers et poiriers qui tomberont ou mourront, sans aucune indemnité pour les preneurs; si le bailleur ne les réclame pas, le preneur sera tenu de remplacer chaque année le mort par un jeune arbre de la meilleure et première qualité qu'ils planteront à leurs frais aux endroits qui leur seront indiqués par le bailleur ou son préposé et en leur présence; 7° de faire abattre sur la dite ferme tous et tels gros bois que le bailleur jugera à propos; 8° de faire telles plantations, fossés, changements et décorations sur les masses des fossés et bordures de la dite ferme que le bailleur jugera à propos, et de faire planter sur les pièces de terre de la dite ferme telle quantité de pommiers et de poiriers qu'il jugera convenable, et le preneur sera tenu de faire chaque année à ses frais les fosses nécessaires à la plantation des

divers arbres que le bailleur voudrait faire planter; ces fosses seront de profondeur suffisante et elles auront 1^m,19 ou 4 pieds de longueur en tous sens; 9° le droit exclusif de chasse sur les propriétés affermées est entièrement réservé pour le bailleur.

Enfin venaient de nombreuses charges, clauses et conditions imposées au preneur et concernant les pailles, l'entretien des chemins, des couvertures des maisons et bâtiments, etc.

L'usage des faisances est à peu près tombé en désuétude. Toutefois il en existe encore; elles consistent en fournitures de beurre et de volailles et surtout en transports ou charrois, soit pour le service privé du propriétaire, soit (ce qui est le plus fréquent) pour le transport des matériaux nécessaires aux reconstructions, réparations et améliorations qu'il y a lieu de faire exécuter sur la ferme. Dans la partie de la Plaine de Caen limitrophe du pays d'Auge, et seulement dans cette partie, il est d'usage que le propriétaire fournisse la boisson (cidre) aux ouvriers qu'il occupe à l'entretien des bâtiments de la ferme ou à d'autres travaux. Il est d'usage de ne payer le prix du fermage qu'après la première récolte; les termes ordinaires de paiement sont : la Saint-Michel, Noël, Pâques et la Saint-Jean.

Dès le 24 juin qui précède son entrée en jouissance, le fermier entrant prend possession des jachères, s'il en existe, et il a le droit de les faire labourer aussitôt. Les terres plantées en seigle, trèfle incarnat et autres fourrages qui doivent être dépouillés en vert, sont mises à sa disposition aussitôt après l'enlèvement des récoltes; il a le droit aussi de récolter le regain du sainfoin de trois ans. Le 29 septembre, le fermier sortant doit livrer à son successeur l'exploitation des terres, sauf de celles où il existe encore des récoltes non enlevées, telles que betteraves et carottes.

Dès le 24 juin qui précède son entrée en jouissance, le fermier entrant, lorsqu'il a une culture préparatoire à faire, a droit à un logement provisoire pour lui, ses domestiques et ses chevaux. Il a le droit de brasser les pommes nécessaires à la boisson de sa famille et de son personnel pendant l'année. Il peut exiger, le 29 septembre, la remise de l'habitation principale et de tous les bâtiments d'exploitation.

2^e Catégorie : Pour les fermes composées uniquement d'herbages et de prés, d'ailleurs peu nombreuses dans la Plaine, la durée des baux est de neuf ans. L'entrée en jouissance a lieu à Noël. Les plantes dont la présence est préjudiciable aux herbages sont : l'arrête-bœuf, les chardons plats et les chardons ordinaires quand ils sont en fleur, les doches, les joncs pleins, les ajoncs, les ronces, les épines noires, les genêts et les orties. — La proportion normale de bestiaux à mettre à l'engrais est d'une tête et demie à l'hectare; une location moindre de 7 ou 8 hectares d'herbages ne permet l'admission d'aucun cheval ou jument; les locations supérieures comportent une tête chevaline par dix têtes

bovines. L'usage interdit de faucher les herbages. A défaut de convention spéciale, le fermier n'est pas tenu de fumer spécialement les herbages; il doit fumer tous les trois ans les prés fauchables. Le fermage se paye en deux termes; à la Saint-Michel qui suit l'entrée en jouissance, et à Noël. Le fermier sortant ne cède la jouissance des bâtiments qu'à Noël.

3^e Catégorie : Les usages relatifs aux fermes composées en partie de terres en labour et d'herbages sont ceux exposés pour les deux premières catégories.

4^e Catégorie : Les usages qui régissent la culture des terres de labour et des herbages avec corps de ferme sont communs aux terres affermées sans bâtiments.

Les bâtiments d'exploitation d'une ferme sont presque toujours groupés autour d'une cour, qu'ils ferment de tous côtés; le four est toujours isolé des autres bâtiments. Beaucoup sont encore couverts en chaume; les autres le sont en tuiles. Une couverture en chaume dure d'autant plus longtemps que le toit est plus incliné; elle est liée avec des liens de paille sur des chevrons, qui ne sont souvent autre chose que de longues perches couvertes de leur écorce. Le fermier qui est tenu à l'entretien des couvertures en paille, doit en laisser, à la fin du bail, un tiers fait à neuf pendant le cours de sa jouissance, un tiers réparé ou « repiqué » et un tiers à renouveler; une couverture en chaume dure ainsi vingt-sept ans (avec trois baux de neuf ans). Le chaume ou gluis nécessaire provient des récoltes de la ferme.

La durée des baux : 3, 6, 9 ans, est beaucoup trop courte et porte un grand préjudice à la culture de la Plaine de Caen. Le fermier ne fait, en effet, d'autres améliorations aux terres que celles dont il peut retirer tout le bénéfice pendant les neuf années de sa jouissance. Les trois premières années de son bail sont employées à remettre les terres en bon état; il les entretient ainsi pendant trois autres années et, enfin, il épuise la terre pendant les trois dernières années par des applications de nitrate de soude pour forcer la production, si le propriétaire ne s'empresse pas de faire un nouveau bail assez à temps.

Le métayage est complètement inconnu dans la Plaine de Caen.

USAGES CONCERNANT LES ANIMAUX ET LES DENRÉES

Chevaux. — La vente des chevaux a lieu avec ou sans garantie; dans le dernier cas, le vendeur doit exiger de l'acheteur un billet de non-garantie. Les chevaux doivent être livrés avec une ferrure. Le vendeur est tenu de fournir un licol avec une longe par cheval.

Bétail. — Le vendeur doit fournir à l'acheteur un lien quelconque pour chaque bête à cornes, ne fût-ce qu'un lien fait d'une tresse de paille. En

général, dès que les bêtes à cornes sont vendues, l'acheteur y appose sa marque. Il est d'usage que le vendeur paye le droit de place perçu par les villes ou communes.

Grains. — En général, les grains et graines sont vendus au double hectolitre (sac) avec un comble représentant environ sept à huit litres. L'acheteur a le droit d'exiger que le grain qu'il a acheté soit mesuré devant lui. — Fréquemment, l'avoine est vendue aux cent kilogrammes.

Pailles et Fourrages. — La vente des pailles et fourrages se fait en bottes et au cent. Le poids en est variable et doit être déterminé par la convention des parties. L'usage veut que le vendeur livre 4 p. 100 en nombre en sus de la quantité payée; c'est ce qu'on appelle l'*aget*.

Racines. — Les racines, telles que les pommes de terre, les carottes, les navets, l'oignon, sont vendues au demi-hectolitre (barette ou barretée) avec le comble.

Fagots, bourrées et cotrets, bois. — Les fagots, bourrées et cotrets se vendent au mille, au cent, au demi-cent, au quarteron, et se livrent sur le pied de 104 p. 100. Le bois de chauffage autre que les fagots, les bourrées et les cotrets, se vend au stère ou à la corde ou à la bûche.

Beurre et Œufs. — Le beurre est vendu en pains d'une livre ou au kilo par mottes plus ou moins fortes. Les œufs sont généralement vendus à la douzaine; on les vend quelquefois au cent pour l'exportation, avec 4 p. 100 d'*aget*.

Fruits. — Les pommes à cidre sont vendues à la mesure, au demi-hectolitre, qu'on appelle aussi *barretée*, avec comble et 4 p. 100 d'*aget*; elles sont livrées, soit sur place, soit sous les arbres, ou dans les greniers du vendeur, ou au domicile de l'acheteur, selon les conventions. On les vend souvent au quintal, lorsqu'il s'agit de marchés pour l'exportation.

Produits de Laiterie et de Basse-Cour. — D'une façon générale, les cultivateurs portent régulièrement eux-mêmes leurs produits au marché. Sur tous les marchés ils paient un droit de place, auquel s'ajoutent les droits d'octroi à la ville. Ils vendent eux-mêmes leurs produits, de gré à gré, soit aux consommateurs, soit aux intermédiaires. Les intermédiaires sont de deux sortes : ou bien de petits marchands qui revendent ensuite au détail les denrées achetées par eux, ou bien des courtiers qui opèrent pour le compte de gros négociants,

surtout en ce qui concerne les beurres. Beaucoup de cultivateurs des environs de Caen portent chaque matin leur lait à la ville; ils le livrent aux consommateurs ou à de petits commerçants qui le revendent au détail.

Glanage. — Le glanage consiste à ramasser à la main les épis de blé, de seigle, d'avoine, d'orge et de sarrasin dans les champs non clos après enlèvement de la récolte. Cet usage a perdu beaucoup de son importance depuis l'adoption des râteaux mécaniques; les pauvres sont d'ailleurs devenus indifférents au glanage. Un bon glaneur pouvait dans sa saison ramasser de 2 à 3 hectolitres de blé. — Le glanage est réglementé par deux arrêtés du Parlement de Normandie, en date des 20 juillet 1741 et 21 juillet 1749, lesquels ont toujours force de loi.

Bornage. — La délimitation des terres entre propriétaires voisins a lieu le plus souvent au moyen de bornes ou *devises*. Autrefois, on se servait souvent d'un plant d'épine ou de sureau qu'on appelait *pieds corniers*. Actuellement, les pieds corniers ne sont plus usités et ceux qui existent encore deviennent de plus en plus rares. — Les bornes sont en pierre calcaire, en silex ou en grès; elles sont généralement plates, triangulaires ou carrées, d'une longueur de 50 à 80 centimètres.

ANCIENNES MESURES

L'acre et la perche étaient les mesures agraires en usage dans la Plaine de Caen, mais il y avait des perches de 16 pieds, de 18, de 22, 24 pieds; tantôt le pied était de 12 pouces, tantôt de 14 pouces seulement; il y avait des acres de 160 perches, de 120 perches, de 113, de 100, 90, 80, 71, 60 perches (1). Il n'était pas rare de voir deux communes voisines se servir de mesures agraires différentes. Le boisseau, pour le blé, était à Caen, de 14 pots $\frac{1}{2}$, à Évrecy, et Cheux de 13 pots $\frac{1}{2}$; pour les menus grains, il était à Caen, Argences et Creully, de 18 pots; à Falaise, de 19 pots; à Évrecy et Cheux, de 19 pots $\frac{1}{4}$; à Aunay et Villers-Bocage, de 17 pots $\frac{1}{2}$. Dans le même lieu, il n'était pas rare de trouver des mesures de différents noms et de différentes valeurs, les unes servant pour un seul objet, les autres ayant une destination différente (ainsi à Caen, on employait le boisseau de 14 pots $\frac{1}{2}$ pour mesurer le blé et le boisseau de 18 pots pour mesurer les menus grains), et même quelques-unes n'étaient usitées que certains jours, dans certaines occasions.

(1) Actuellement encore les cultivateurs parlent par acres et par perches. La perche vaut environ 62^mq. Les deux acres en usage sont ceux de 100 et 160 perches; mais l'acre s'entend en général comme étant de 160 perches, c'est-à-dire un hectare.

Le boisseau de 14 pots $1/2$ est toujours en usage à Caen, pour la mesure des grains : il vaut environ 26 litres 42. Pour les liquides, les mesures employées sont : le pot, qui vaut 2 litres, et la somme (2 barils) qui vaut 1 hect. 25 litres.

OUVRIERS AGRICOLES

Les ouvriers agricoles se divisent en trois classes :

- domestiques à l'année;
- journaliers;
- tâcherons.

On considère comme domestiques attachés à la culture tous ceux qui sont employés dans les exploitations agricoles, tels que charretiers, grands valets, valets de ménage, petits valets, bergers, vachers, bouviers, servantes, vachères et filles de basse-cour. L'engagement de ces domestiques se fait toujours verbalement. L'époque du louage est le jour de la Saint-Clair (17 juillet); c'est à cette date qu'a lieu la sortie des domestiques qui quittent la ferme. L'entrée des nouveaux domestiques a lieu le lendemain, 18 juillet. Les gages sont partout fixés à l'année. Les *loueries* les plus importantes dans la Plaine sont celles de : Cheux, Noyers, Évrecy, Bretteville-l'Orgueilleuse, Creully, Tilly et Saint-Sylvain. Au moment où ils contractent leur engagement, les domestiques reçoivent des arrhes ou denier à Dieu; ces arrhes sont plus ou moins importantes et en rapport avec le degré de capacité du domestique; elles varient de 5 à 20 francs. Elles font partie intégrante des gages et ne sont pas une gratification à forfait : si le domestique quitte sa place avant la fin de son engagement, la somme de journées due au domestique doit être calculée sur le prix de l'année, augmenté du montant des arrhes. — Le mode de paiement des gages est facultatif; le domestique peut les recevoir en entier à la fin de son année, ou par fractions chaque semaine ou chaque mois, selon ses besoins.

Il est d'usage de louer des ouvriers spéciaux pour les divers travaux de récolte; ce sont les moissonneurs. L'engagement a lieu souvent à forfait pour toute la récolte ou à tant l'hectare. Ce travail à la tâche est très recherché; il revient à meilleur compte au cultivateur que le travail à la journée et il donne à l'ouvrier qui l'entreprend un salaire plus élevé. — Cependant beaucoup d'ouvriers se louent aussi à la semaine, au mois ou à la journée.

Gages et Salaires. — Les gages et les salaires agricoles ont subi en France depuis le commencement du siècle une augmentation sans cesse croissante. La Plaine de Caen n'a pas échappé à cette loi, ainsi qu'on peut s'en rendre compte

par l'examen du tableau suivant, qui donne le montant des salaires sur la ferme de Fontaine-Henry depuis 1822, de dix en dix ans :

	1822	1832	1842	1852	1858	1864	1870
Grand Valet. . .	160 fr. 1 barretée d'orge et de blé 9 fr. de vin (1)	180 fr. + 6 fr. de vin.	300 fr.	fr. 300	fr. 450	fr. 520	fr. 320
Second Valet. . .	110 fr.	115 fr.	176 fr. 2 fr. par cheval vendu.	200	231	315	260
Troisième Valet. . .	»	»	»	»	166	210	»
Petit Valet. . .	60 fr. + 3 fr. de vin.	80 fr. + 3 fr. de vin.	100 fr. + 5 fr. de vin.	130	146	180	200
Petit Valet. . .	48 fr.	48 fr. + 3 fr. de vin.	90 fr.	120	120	»	»
Valet de ménage.	160 fr.	180 fr. + 6 fr. de vin.	200 fr. + 10 fr. de vin.	»	»	»	»
Berger.	210 fr. + 6 fr. de vin.	200 fr. + 12 fr. de vin.	»	»	»	»	»
Vacher.	24 fr.	»	»	»	»	»	»
Servante.	40 f. + 4 paires de sabots + 1 mouchoir.	105 fr.	120 fr. + 5 fr. de vin. + 4 aunes de toile.	240	240	250	270
Jardinier.	»	»	»	»	»	»	350

(1) La désignation de « vin » représente les arrhes.

En 1848, les domestiques du sexe masculin gagnaient de 150 à 300 francs; ceux du sexe féminin de 80 à 150 francs; les enfants au-dessous de 16 ans, de 25 à 60 francs. Les hommes à la journée gagnaient, avec la nourriture, de 0 fr. 75 à 1 franc, et les femmes de 0 fr. 40 à 0 fr. 60; au moment des récoltes, les ouvriers à la journée étaient payés un peu plus cher.

En 1866, un homme gagnait par jour, non nourri, 1 fr. 50 à 2 francs, nourri 1 franc à 1 fr. 25; les femmes recevaient, avec la nourriture, 0 fr. 60 à 0 fr. 75, et lorsqu'elles n'étaient pas nourries, 1 fr. 20 à 1 fr. 40. Le salaire des ouvriers à la journée s'était donc élevé dans la proportion de 1 franc à 1 fr. 50; celui des domestiques de la ferme avait presque doublé: le premier domestique touchait 450 francs au lieu de 300 francs; le deuxième domestique dépassait

souvent 300 francs et le troisième 150 francs; une bonne servante n'était pas payée moins de 300 francs.

Depuis 1870, les salaires n'ont guère varié. La nourriture est le plus souvent ajoutée au salaire en argent. — Plusieurs relevés des salaires actuels, effectués dans quelques fermes de la région de Carpiquet, nous ont donné les moyennes suivantes :

Grand valet	5 à 600 francs.	Quatrième valet	250 francs.
Deuxième valet	350 —	Petits valets	200 —
Troisième valet	300 —	Servante	3 à 400 —

Pour la ferme de Fontaine-Henry, les salaires sont les suivants :

1 grand valet	700 francs et nourri.
1 second valet	400 — —
1 troisième valet	320 — —
1 quatrième valet	230 — —
3 petits valets	600 — —
1 valet à tout faire	350 — —
1 vacher	380 — —
1 jardinier	1 fr. 50 par jour et nourri.
2 journaliers	1 fr. 50 — chacun et nourris.
1 cuisinière	300 francs et nourrie.
1 petit domestique	160 — —

Le personnel comprend en outre :

1 jockey en premier	1 800 francs, 10 p. 100 sur les courses, non nourri.
1 deuxième jockey	1 200 — 5 — —
3 palefreniers	45 francs au mois, nourris.
1 lad	30 — —

La nourriture est estimée à 1 fr. par jour et par tête.

En résumé, dans la Plaine de Caen, les salaires agricoles sont actuellement compris entre les chiffres suivants :

Grand valet	de 450 à 700 francs, suivant l'importance de l'exploitation.
Valet à tout faire ou de ménage	de 350 à 450 francs.
Servante	de 350 à 500 —
Deuxième valet	de 300 à 400 —
Troisième valet	de 250 à 320 —
Quatrième valet	de 225 à 250 —
Petits valets	de 60 à 200 —
Petit vacher	de 60 à 80 —

} suivant l'âge
et
les forces.

Les ouvriers à la journée sont payés de 1 fr. 25 à 1 fr. 50 suivant la saison, sauf au moment de la saison où le prix de la journée atteint 2 francs et 3 francs, parfois plus, suivant la nature du travail à exécuter.

Les tâcherons sont payés aux prix suivants :

Fauchage et bottelage du blé.	20 à 30 francs l'hectare;
Fauchage du foin.	8 francs l'hectare;
Bottelage —	7 fr. 50 les 1 000 bottes;
Liage du blé.	10 francs les 1 000 gerbes;
Sciage et battage du colza.	35 à 40 francs l'hectare;
Piquage du colza.	20 francs l'hectare;
Arrachage des betteraves à sucre.	40 francs l'hectare.

Tous les tâcherons sont nourris en plus.

Les fermiers se plaignent depuis longtemps de la rareté de la main-d'œuvre, qui rend les travailleurs trop exigeants. Au moment de la moisson, les ouvriers manquent dans la Plaine, et le fauchage est fait en grande partie par les ouvriers du Bocage, de la région d'Evrecy, d'Harcourt et de Condé; ils sont connus dans la Plaine sous le nom de « Bocains » (1). Les fermiers sont forcés parfois de prendre leurs auxiliaires parmi les ouvriers belges, principalement pour les façons à donner aux betteraves à sucre. Cela est fort regrettable, car il est de toute importance que les salaires aillent aux ouvriers du pays et qu'ils se consomment sur place.

TRAVAIL DES FEMMES. — L'industrie dentellière fut autrefois d'un grand secours à la population agricole de la Plaine de Caen. Le gain des femmes améliorerait beaucoup la situation des ménages. Dans nombre de communes, on louait les terres en détail à de petits fermiers; pendant la belle saison, le fermier, maçon ou charpentier de son état, allait s'employer au loin et rapportait à la fin des travaux le produit de sa campagne, qui variait de 200 à 600 francs; pendant ce temps, la femme et les filles fabriquaient des dentelles; la famille vivait en outre du produit de la terre et de celui de sa vache. Le fermage était donc payé par le travail de l'ouvrier et par celui des dentellières, tout à fait en dehors de l'agriculture. Aussi la crise dentellière a-t-elle modifié considérablement, plus qu'on ne le croit en général, l'économie rurale de cette partie de la Normandie; c'est une cause dont on ne tient pas assez compte dans le mouvement de la population et des mœurs. Examinons cette question un peu en détail.

Influence de la crise dentellière. — Historique : La fabrication de la dentelle n'eut une réelle importance en Normandie qu'à partir de 1663; elle se développa considérablement pendant le XVIII^e siècle. Cette fabrication débuta d'abord dans les villes, puis elle se répandit dans les campagnes, où elle apporta un grand

(1) L'ouvrier du Bocage, que l'on appelle souvent *Bocain*, descend dans la Plaine un peu avant la moisson, pour y faire le mois d'août; il retourne ensuite dans le Bocage pour opérer la récolte du sarrasin. Enfin, autrefois il revenait dans la Plaine au commencement de l'automne, pour exécuter la transplantation du colza.

élément de bien-être; elle se substitua presque partout au filage au rouet. Dans le compte des revenus de l'Hôpital général de Caen, dressé en 1720, on trouve le document suivant :

La vente des dentelles, depuis 1715 jusques et y compris	
1720, se monte à la somme de.	47 756 l. 5 s. 11 d.
Sur quoi, il faut déduire pour acheter du fil.	14 961 l. 18 s. 4 d.
Reste pour cette période.	32 794 l. 7 s. 7 d.
Ce qui produisait, année commune.	6 559 l. 13 s. 5 d.

On attribue la fondation de la première fabrique de dentelles aux environs de Caen à un sieur Simon. Vers 1745, on vit apparaitre l'article Blonde ou dentelle en soie plate; on employa d'abord pour cette sorte de dentelle de la soie de couleur naturelle (jaune nankin), ce qui lui fit donner le nom de blonde ou nankin. En 1775, l'Intendant de la généralité de Caen disait : « Le commerce de la dentelle est fort augmenté, ce qui procure un secours même aux enfants dans tous les faubourgs et les villages aux environs. » En 1789, le nombre des ouvrières s'élevait à 15 000. Pendant la Révolution, il y eut cessation presque entière de la fabrication. Elle reprit en 1802; en 1812, les dentelles de fil subirent une crise, tandis que les blondes de soie étaient très recherchées : la ville de Caen en fit un commerce très important, elle en exportait des quantités prodigieuses en Angleterre, où elles entraient presque toutes en contrebande. Le salaire des ouvrières augmenta dans une proportion de 25 p. 100. Jusqu'en 1840, la fabrication des dentelles jouit d'une grande prospérité. La concurrence qui s'établit alors au Puy et ailleurs allait gravement la compromettre; dès 1849, on se plaignait de l'état de souffrance de cette industrie et de la position précaire des dentellières; l'Association normande décidait de décerner un prix « à l'auteur du meilleur Mémoire sur les moyens de neutraliser les souffrances de l'industrie de la dentelle, et de la remplacer par une autre plus solide et non moins profitable aux ouvrières des campagnes. » Elle proposait comme remède de favoriser le développement de la fabrication de la toile de lin et de la bonneterie de laine. Malheureusement, depuis 1870, la crise n'a fait que s'accroître, et la dentelle, qui occupait jadis 70 000 ouvrières dans le département, ne fournit plus maintenant qu'un salaire ridicule à quelques vieilles demeurées fidèles à leur métier.

En 1870, on comptait encore environ 30 000 femmes occupées à la fabrication des dentelles dans les seuls arrondissements de Caen et de Bayeux. Ce chiffre, à lui seul, explique suffisamment la perturbation économique causée par la crise dans les campagnes et l'importance de cette industrie, qui fournissait chaque année à tant de familles l'existence et le bien-être. Il reste à peine aujourd'hui 3 000 dentellières dans le Calvados; Courseulles est le centre de la fabrication actuelle; MM. Robert y occupent encore une centaine d'ouvrières, en quelque

sorte par philanthropie. Dans chaque village, on rencontre de vieilles dentellières qui travaillent par intervalles sur commande.

Avantages de l'industrie dentellière. — L'industrie dentellière avait toujours offert une occupation lucrative aux femmes de la campagne; elle produit une grande somme de travail pour un faible déboursé; elle utilise avec succès les mains les plus débiles, les enfants, et jusqu'aux femmes très âgées, infirmes ou souffrantes; elle utilise les moments perdus; elle s'allie enfin aux soins du ménage et aux travaux des champs (1). Cette industrie est moralisatrice; puisqu'elle s'exerce au sein du foyer domestique, la mère de famille peut diriger ses enfants, les surveiller, en les tenant éloignés de tout contact pernicieux. Avant la crise, en pleine prospérité, une dentellière gagnait facilement 1 fr. 50 par jour; de très habiles ouvrières arrivaient à gagner 3 francs. Aujourd'hui, les salaires sont de 0 fr. 50 en moyenne. Les femmes, maintenant, vont se placer comme servantes dans les villes, ou y chercher quelque autre travail; elles ont vite fait de s'y corrompre et de s'y adonner aux liqueurs fortes; l'alcoolisme et la dépopulation n'ont pu que gagner du terrain à la suite de la crise dentellière.

Rien n'a encore remplacé la fabrication de la dentelle. La fabrication des perles a cependant pris une certaine extension dans les cantons de Bourguébus et de Troarn; à Argences, une fabrique de perles s'est développée rapidement depuis une quinzaine d'années; cette usine rend service aux localités environnantes en employant un grand nombre de femmes que la dentelle avait laissées sans emploi. Cette fabrication ne remplace malheureusement que bien incomplètement la dentelle.

LA COOPÉRATION ET LES SYNDICATS

Nous avons fait remarquer à maintes reprises, au cours de cette étude, combien l'esprit d'association était peu développé parmi la population rurale de la Plaine et nous avons eu à déplorer l'état d'infériorité qui en résultait pour elle vis-à-vis de ses concurrents français ou étrangers, aussi bien pour la fabrication que pour la vente et l'exportation des produits.

Bien rares sont les syndicats agricoles qui existent à l'heure actuelle dans la Plaine de Caen; nous pouvons citer l'Association syndicale agricole du canton de Bourguébus qui a créé un office d'offres et demandes pour les ouvriers ruraux, et le syndicat de Luc-sur-Mer qui a surtout en vue pour l'instant l'assurance contre la mortalité du bétail. Une association beaucoup plus importante est le

(1) Il faut constater, il est vrai, qu'un certain nombre de dentellières, ouvrières habiles, en arrivaient à négliger complètement leur ménage, pour être tout à leur métier. Elles gagnaient ainsi jusqu'à 3 francs par jour; mais une maison mal tenue, une cuisine mal faite en étaient la conséquence inévitable.

Syndicat agricole du Calvados, dont le siège est à Caen ; nous en avons déjà signalé l'initiative en ce qui concerne la vente des produits de laiterie. Ce syndicat a payé d'exemple et a entrepris d'excellentes choses ; il a mis des machines agricoles à la disposition des cultivateurs, moyennant une somme modique ; il loue par exemple des semoirs à raison de 5 francs par hectare ensemencé. Il a organisé un *service d'élevage* fort complet dans les prairies du pays d'Auge : il se charge de faire mettre à l'herbe et de surveiller l'élevage des poulains de pur-sang et de demi-sang, et de faire saillir les juments de pur-sang et de demi-sang par les étalons des stations de l'État, de mettre en pension les juments vides, suitées ou les chevaux à refaire. Il aide ainsi les propriétaires et les fermiers à tirer un meilleur parti de leurs herbages.

Le Syndicat agricole du Calvados a créé notamment une organisation très complète pour la vente des animaux :

1° Chevaux de luxe : Le *Bulletin mensuel* du Syndicat enregistre les demandes des amateurs étrangers et les offres des éleveurs, membres du Syndicat, en chevaux de service dressés, poulinières et poulains élevés dans la Plaine de Caen, avec l'indication des qualités, aptitudes et prix. L'intervention du Syndicat est gratuite et son rôle se borne à mettre l'acheteur en rapport avec le vendeur. L'amateur peut de cette façon trouver à acheter, pour 5000 francs, par exemple, une paire de chevaux qu'il serait obligé de payer 7 à 8000 francs chez un marchand de Paris. Pendant longtemps le Syndicat a fait vendre ainsi 30 à 50 chevaux de luxe par mois. Ce service a un peu diminué d'importance et les offres sont moins nombreuses depuis que la remonte achète les chevaux à trois ans et trois ans et demi. Un service d'achat de poulains et de jeunes chevaux va être organisé dans les foires par l'intermédiaire d'un courtier du Syndicat, opérant pour le compte des amateurs moyennant commission fixe.

2° Bétail de race cotentine : Le Syndicat se charge de fournir, sur demande, des animaux de race pure, vaches pleines ou non, bœufs, veaux et taureaux, qu'il fait acheter dans les foires du Calvados ou de la Manche par des courtiers placés sous sa surveillance : la commission de courtage varie de 11 à 16 francs par tête. Certains membres du Syndicat du Calvados et de la Coopérative agricole de Normandie préfèrent faire acheter de cette façon les animaux dont ils ont besoin plutôt que de les acheter eux-mêmes, évitant ainsi les frais de voyage et une perte de temps.

3° Animaux gras : Le Syndicat fait vendre, pour le compte de ses adhérents, des animaux gras au marché de la Villette, à Paris, par l'intermédiaire du Syndicat central des agriculteurs de France.

Les quelques détails dans lesquels nous venons d'entrer suffisent à donner une idée des importants services que pourraient rendre aux cultivateurs des sociétés coopératives ou des syndicats bien organisés. Il est vivement à désirer.

pour l'avenir de l'agriculture dans la Plaine de Caen, que l'exemple donné par le Syndicat agricole du Calvados soit suivi et que de nombreuses associations du même genre se constituent dans le plus bref délai possible.

Société d'agriculture et de commerce de Caen. — La Société d'agriculture et de commerce de Caen est une des plus anciennes de France; elle fut fondée en 1762. C'est une société fort active et fort importante, qui n'a jamais cessé de prendre en mains les intérêts de la région et a toujours donné les preuves de la plus louable initiative. Elle compte actuellement quatre cents membres environ; elle reçoit de l'État une subvention de 1200 francs et du département une subvention de 3300 francs; elle recueille, en outre, des dons particuliers qui ne s'élèvent pas à moins de 4000 francs par an.

La Société s'occupe particulièrement de l'enseignement agricole; elle institue chaque année des concours dans trois cantons de l'arrondissement de Caen et distribue des récompenses aux instituteurs et aux élèves les plus méritants. Elle tient aussi deux concours annuels pour les animaux gras, l'un pour le département, l'autre pour l'arrondissement de Caen, et organise, tous les ans, alternativement, dans chacun des cantons de l'arrondissement : 1° un concours de bonne culture; 2° un concours de labourage; 3° un concours de maréchalerie; 4° un concours d'emploi d'instruments agricoles perfectionnés; enfin, elle récompense les vieux serviteurs.

INDUSTRIES ANNEXES

Apiculture. — La production du miel a été, depuis longtemps, une source de beaux revenus pour les petits cultivateurs de la Plaine de Caen. Le point central du commerce du miel était le bourg d'Argences, où un apiculteur des plus distingués, M. Mauget (1), a exploité, pendant soixante ans, de 300 à 400 ruches; il se produisait dans la Plaine de Caen, en bonne année, 2 000 barils de miel, en mauvaise 600, ce qui donne une moyenne de 1200 barils d'un poids moyen de 50 kilogrammes, soit 60 000 kilogrammes; 13 000 ruches étaient employées à cette production. Une quantité considérable de miel était apportée à Caen et vendue aux deux foires de Carême et de la mi-Carême. Il y avait dans la commune de Saint-Sylvain 12 à 1500 ruches; il y en avait plus de 600 à Argences, au moins 2 000 à Saint-Contest, etc. Dans les environs de ces dernières localités, les abeilles butinaient les fleurs du pommier, puis celles du

(1) M. Mauget est l'inventeur d'une ruche très simple, la ruche normande, qui est facilement transportable et permet de faire la récolte du miel en tout temps sans enfumage et sans déranger les abeilles.

colza et ensuite celles du sainfoin et des trèfles; le miel obtenu était blanc et de qualité parfaite.

Malheureusement la production du miel a perdu de son importance dans la Plaine de Caen. C'est à tort que les cultivateurs négligent cette industrie, qui ne nécessite presque pas de capitaux et qui dédommage avantageusement des soins qu'elle comporte; le produit moyen d'une ruche dans la Plaine est en effet de 5 kilogrammes, il peut même atteindre 8 et 10 kilogrammes; or, le miel se vend au moins 1 fr. 40 le kilogramme. Il faut ajouter aussi le prix de la cire produite. Le prix d'un essaim est de 12 francs. Les miels produits dans la Plaine diffèrent selon que les abeilles ont butiné sur les fleurs de colza, sur celles de sainfoin ou sur celles de sarrasin. Les principales foires au miel et à la cire ont lieu à Caen le premier lundi qui suit le mardi-gras et le jeudi de la mi-carême.

Horticulture. — L'horticulture a toujours été en honneur dans la Plaine de Caen (1) et le goût très vif des habitants de Caen pour tout ce qui concerne la culture des fleurs est bien connu. Il existe à Caen plusieurs grandes maisons d'horticulture très renommées et dont les produits obtiennent les plus hautes récompenses dans les concours.

Les jardins sont riches en fleurs de toutes sortes; on y admire surtout de très belles collections de renoncules et d'anémones; le nom de la ville de Caen se rattache étroitement à la production de ces dernières fleurs, qui constitue l'une des plus belles spécialités horticoles. La propagation de l'anémone dans la région caennaise a une origine assez curieuse; nous l'empruntons au *Moniteur d'Horticulture*: « Un amateur, M. Bachelier, à la suite d'un voyage en Asie, avait rapporté quelques pattes d'anémones et les cultivait dans son jardin, à Caen, avec un soin jaloux, refusant même d'en donner à qui que ce soit.

« Un conseiller au Parlement, peu scrupuleux, désireux d'en obtenir, usa d'un moyen quelque peu indélicat pour s'en procurer. Au sortir d'une audience, il vint, en robe, accompagné d'un domestique, rendre visite à M. Bachelier, et là, pendant la conversation, sous prétexte d'admirer une plante, il promena le bas de sa robe sur des anémones; la graine qui ressemble à du duvet s'y attacha, le laquais releva le bas de la robe, et en rentrant, le conseiller sema cette graine, puis répandit cette plante dans la contrée au grand étonnement de M. Bachelier; elle s'y plut, y prospéra et divers horticulteurs en font aujourd'hui de très importantes cultures spéciales. »

Ostréiculture. — L'élevage des huîtres a acquis une certaine importance à Courseulles, petit port situé à l'embouchure de la Seulles. Les huîtres sont apportées de Cancale, de Marennes et de Saint-Vaast à Courseulles où elles se

(1) Suivant La Chesnée-Montreuil, on possédait à Caen, en 1643, 432 variétés de tulipes.

nettoient et *apprennent à garder leur eau* (mélange d'eau de la Seules et d'eau de mer); en un an, leur croissance atteint de 3 à 4 centimètres environ. Au bout de deux ans, les huîtres, bien nettoyées et traitées, peuvent atteindre 6 à 7 centimètres; la troisième année, l'huître est marchande et comestible.

Les expéditions se font aujourd'hui surtout en colis postaux (bourriches) pour Paris et en caisses pour les Halles centrales et pour Londres (*via* Caen et New-Haven).

Cette industrie est très avantageuse et pourrait faire l'objet d'un commerce très important; il est à désirer qu'elle aille constamment en se développant.

Il existe aussi quelques parcs à huîtres à Ouistreham, à l'embouchure de l'Orne.

Cidrierie. — La Plaine de Caen ne saurait être comparée sous le rapport de la production du cidre aux deux contrées voisines, le pays d'Auge et le Bessin. Jadis, cependant, elle comptait un certain nombre de plantations de pommiers; mais au moment de cette période caractéristique, que l'on a justement qualifiée de *fièvre du colza*, on en sacrifia la plus grande partie de façon inconsidérée et l'on regrette aujourd'hui les vergers et les herbages disparus.

Il n'y a que la partie sud-ouest de la Plaine qui ait de l'importance pour la production des pommes à cidre, la région d'Evrecy notamment; les cantons limitrophes et ceux situés le long de la côte présentent aussi des *clos* garnis de pommiers; mais au centre de la Plaine, là où le sol est surtout calcaire, le pommier devient rare et on ne le rencontre guère qu'en ceinture autour des champs.

La production en pommes est entièrement utilisée sur place pour la fabrication du cidre; elle est même insuffisante pour subvenir aux besoins de la consommation locale et chaque année des achats d'une certaine valeur ont lieu dans le Pays d'Auge et le Bessin. Les rendements et les prix varient beaucoup et en sens inverse; ainsi, en 1893, l'arrondissement de Caen fabriqua 914470 hectolitres de cidre, en 1894 il n'en produisit que 409007 hectolitres, soit un écart de 505463 hectolitres; la moyenne du cidre produit pendant la période décennale 1884-1894 fut de 380902 hectolitres (1). Quant au prix du quintal de pommes, il était de 2 fr. 50 en 1885 et s'élevait à 8 francs en 1894.

La fabrication du cidre, dans le détail de laquelle nous n'entrerons pas ici, est encore très arriérée; on commence, depuis quelques années surtout, à suivre de meilleurs procédés, mais il reste encore beaucoup à faire. Dans de nombreuses fermes, on continue à employer pour le broyage des pommes, un vieil instrument tout à fait rudimentaire, le *tour à piler*; c'est une grande auge circulaire de 50 centimètres de large et de 50 centimètres de profondeur, dans laquelle se déplace une roue en pierre ou en bois, de 1^m,20 à 1^m,30 de diamètre,

(1) On estime que 2 hectolitres de cidre correspondent en moyenne à 5 hectolitres de pommes.

et qui est mise en mouvement par un cheval. On tend de plus en plus à remplacer ce tour à piler, qui tient beaucoup de place, par le *grugeoir*, sorte de broyeur formé de deux cylindres en cuivre cannelés, entre lesquels passent les pommes.

Pour extraire le jus, on se sert d'un pressoir à vis ordinaire; on dispose les pommes par couches séparées par des lits de paille de seigle (*ghuis*) qui drainent le jus et en permettent l'écoulement. On achève l'épuisement des marcs en les broyant et les pressant à nouveau à deux ou trois reprises différentes (*rédiages*).

Les cultivateurs fabriquent eux-mêmes leur cidre. Les particuliers achètent leurs pommes et laissent le soin de la fabrication à des entrepreneurs spéciaux.

Le cidre, une fois fabriqué, devrait être soumis à un traitement convenable pour se conserver dans de bonnes conditions. Mais on ignore à peu près complètement les soins qui lui sont nécessaires; les soutirages sont inconnus, et le plus souvent on place les tonneaux de cidre dans des caves malsaines ou dans des endroits mal appropriés; aussi ne faut-il pas s'étonner de voir la malheureuse boisson attaquée par un grand nombre de maladies. Le cidre fabriqué actuellement est incapable de supporter l'exportation; il faut donc s'efforcer d'améliorer sa préparation et de le traiter d'une façon rationnelle, afin de lui permettre d'entrer dans la consommation courante et de rivaliser avec le vin et la bière. La création à Caen d'un laboratoire pour l'étude des cidres s'impose; elle rendra certainement les plus grands services aux populations normandes et contribuera efficacement à donner un essor considérable à l'industrie cidricole.

VIGNOBLE D'ARGENCES

Autrefois, la Normandie possédait des vignobles étendus et assez estimés. Il y a quarante ans, il subsistait encore à Argences deux ou trois pièces de terre plantées en vignes; c'étaient les seules du Calvados et de la Basse-Normandie. Voici l'aspect qu'elles présentaient en 1850, d'après une relation de l'époque : « Au détour que la route de Troarn fait en entrant dans le bourg d'Argences, un peu avant la première maison, on aperçoit, à gauche, le coteau et la pièce de vigne la plus étendue; elle contient moins de 100 ares; on n'y cultive que le raisin blanc. D'autres pièces de vignes, de la contenance de quelques ares, éparses, couronnent le coteau. Après qu'on a passé la Muance et traversé la grande place du bourg, on aperçoit un vignoble presque égal au premier en superficie, mais supérieur par la qualité de son produit. Tous les plants de vigne ne contiennent pas ensemble 3 hectares. On évalue les produits,

en bonne année, de 4 000 à 4 500 litres. Le prix du litre, pour le détail, est 0 fr. 40 environ. »

Depuis, les propriétaires ont arraché leurs vignes, car ils ont trouvé plus de profit à planter des pommiers et à cultiver des céréales.

ÉTAT MORAL ET INTELLECTUEL DE LA POPULATION

Il y a trente ans, Morière, dont l'autorité était incontestée, disait en parlant de la Basse-Normandie : « Ne semblerait-il pas que, comptant sur la fertilité naturelle de son sol, elle s'endort au sein de l'abondance? (On était alors aux beaux jours du colza.) Le propriétaire, comptant sur la concurrence que l'heureux résultat de l'industrie agricole produit parmi les fermiers, ne s'occupe que de la rente à obtenir de sa terre sans aucun effort de sa part; et le fermier lui-même, satisfait de ses résultats, n'en désire pas toujours de plus grands, démontrant ainsi que, là où la nature a le plus fait pour les hommes, ceux-ci cherchent à moins faire pour eux-mêmes. » La vie large et facile qu'avaient trouvée jusque-là les cultivateurs normands les avait en quelque sorte endormis, leur esprit d'initiative s'était peu à peu perdu au sein de l'abondance et avait cédé le pas à l'humeur processive; les loisirs que leur laissait la culture se passaient au jeu, au café ou en repas pantagruéliques au milieu desquels on faisait le *trou normand*. Tout cela avait contribué à détruire chez les Normands l'esprit d'aventure et la hardiesse qui faisaient la force et la caractéristique de leurs ancêtres; sur leur front paternel, le casque aux ailes déployées des Rois de la Mer s'était métamorphosé en ce bonnet de coton cher au roi d'Yvetot. Aussi, quand survint la crise du colza, puis celle des céréales, le découragement se manifesta bientôt; les cultivateurs de cette riche Plaine de Caen, qui s'étaient jusque-là succédé de père en fils dans les fermes, furent pris au dépourvu par quelques mauvaises récoltes; beaucoup d'entre eux virent leurs fils abandonner, par découragement, la culture paternelle; les terres furent moins bien préparées, reçurent moins d'engrais et leur valeur locative et vénale diminua. La plupart des cultivateurs ne s'appliquèrent, pour porter remède à la crise, qu'à obtenir de leurs propriétaires des diminutions de fermages, qui ne compensèrent pas les pertes dues à leur entêtement à suivre la vieille routine; ils ne se sont pas encore mis au courant des procédés nouveaux de culture et n'ont pas appris les moyens de restituer au sol les matières fertilisantes enlevées par les récoltes. L'inertie, l'indolence, sont donc les principaux traits de la population agricole.

Cette inertie se manifeste sous toutes les formes. C'est ainsi que la population diminue d'année en année, de façon continue, et les bras se font de plus en

plus rares dans les campagnes. Le tableau suivant, qui concerne les cantons de l'arrondissement de Caen, permet de voir combien cette diminution est à fois sensible et rapide :

CANTONS.	1890	1892	1896
	habitants.	habitants.	habitants.
Bourguébus	7 915	7 663	7 334
Caen (est et ouest).	49 934	51 531	51 483
Creully	9 783	9 325	8 495
Douvres	12 660	12 250	11 898
Évrecy.	10 159	9 674	9 214
Tilly-sur-Seulles	10 690	10 205	9 785
Troarn.	11 065	10 705	10 605
Villers-Bocage	8 857	8 495	8 027
	121 065	119 848	116 841

La diminution de la population doit être attribuée tout d'abord à la volonté de n'avoir que peu d'enfants, pour ne pas diminuer l'héritage et réserver à soi et aux enfants vivants une plus grande part de bien-être, ensuite à l'émigration vers les villes (ainsi qu'on peut le constater dans le tableau), enfin à une mortalité plus grande chez les adultes. Le nombre des décès augmente, en effet, avec les progrès croissants de l'alcoolisme.

Les populations normandes ont toujours fait une grande consommation d'alcool; peut-être en faut-il attribuer la cause au faible degré alcoolique du cidre. Dès 1830, l'Association normande signalait l'abus des liqueurs fortes, qu'elle qualifiait d'« infirmité publique »; en 1848, elle jugeait « effrayante » la multiplicité des cabarets et des cafés. Depuis, l'usage des liqueurs alcooliques n'a fait malheureusement qu'augmenter et c'est actuellement un véritable fléau. Depuis le commencement du siècle, l'eau-de-vie a pris une part de plus en plus grande dans les libations et de funestes habitudes ont été contractées : indépendamment de la quantité qui est bue sous forme de gloria, pousse-café, etc., il est d'usage d'interrompre un repas pour boire un décilitre d'eau-de-vie: cela s'appelle *faire un trou* (1); « nous avons remarqué à notre grande surprise, disait en 1860 M. Paysant, préposé en chef de l'octroi de Caen, qu'une carafe contenant deux litres d'eau-de-vie de cidre avait été insuffisante pour *faire un trou* dans l'estomac de dix-huit convives, hommes et femmes ».

(1) Cet usage à une tendance à devenir moins fréquent; les estomacs moins robustes des Normands d'aujourd'hui ne s'y prêtent plus, paraît-il, avec autant de complaisance.

Il se fait aussi une grande consommation de café : on en boit, non seulement à chaque repas, mais surtout entre les repas; les enfants en bas âge eux-mêmes en boivent couramment. Mais le café est toujours un prétexte à s'alcooliser; le plus petit marché consenti comporte avec lui un *demi* (demi-tasse de café); « il n'est pas rare, disait M. Paysant, de voir, dans les établissements publics, une société composée de six ou huit individus, payer chacun sa tournée et boire, ainsi additionné au café, un litre d'eau-de-vie. Nous affirmons avoir vu, les jours de marché principalement, des hommes qui, dans l'espace de cinq ou six heures, ne buvaient pas moins de douze ou quinze fois du café, ou plutôt de l'eau-de-vie, le café n'étant que le prétexte. » Ces coutumes sont devenues aujourd'hui d'un usage courant.

Depuis trente ans surtout, la consommation de l'alcool et du café s'est encore accrue dans des proportions inquiétantes. Les plaisirs du café et du cabaret sont le seul délassement que beaucoup d'individus comprennent. De 1860 à 1892, la consommation de l'alcool a plus que doublé; elle est actuellement de 14 litres par tête chaque année. Le nombre des cafés et des cabarets est considérable et contribue à répandre l'intempérance dans la population; les femmes elles-mêmes n'y échappent pas. Les marchés sont aussi trop fréquents et portent beaucoup à la boisson.

Les conséquences de l'alcoolisme sont des plus funestes. Les malheureux qui ont l'habitude de l'alcool se privent de pain la plupart du temps pour satisfaire une passion qui est devenue d'une exigence telle que rien ne peut lui résister. Que d'ouvriers aujourd'hui dépensent en eau-de-vie, en café, en tabac, ce qu'ils devraient dépenser en pain, en viande et en vêtements! Aussi en résulte-t-il des maladies inflammatoires de l'estomac, du cerveau, de la poitrine, qui ont pour conséquences l'abrutissement, la folie, le suicide ou le crime. Le désordre des facultés mentales vient en première ligne; pendant que la consommation de l'alcool doublait dans ces trente dernières années, le chiffre des aliénés triplait. Actuellement, dans le Calvados, le nombre des aliénés alcooliques s'élève presque à la moitié du nombre total des aliénés; chaque jour l'établissement du Bon-Sauveur, à Caen, ajoute des noms nouveaux à la liste déjà si longue des cas de folie occasionnés par l'usage immodéré des boissons alcooliques. Viennent ensuite le crime et le suicide. Les rapports de l'alcoolisme avec la criminalité sont nettement établis; la proportion des crimes dus à l'alcoolisme a augmenté d'une façon effrayante ces dernières années; le Calvados est, en France, un des départements les plus mal notés, sous le rapport de la criminalité. Quant au nombre des suicides dus à l'alcoolisme, il atteint un millier dans le Calvados, sans compter les morts accidentelles dues à la même cause. Devant de tels faits, on ne s'étonne plus que la population diminue et dégénère; la descendance des alcooliques est

atteinte de leurs vices et de leurs maladies; les campagnes se dépeuplent rapidement. Et les fermiers déplorent chaque jour la rareté de la main-d'œuvre; les quelques ouvriers qu'ils sont obligés d'employer se livrent à l'ivrognerie et il est difficile de compter sur eux.

Il y a là une habitude invétérée, qu'il est bien difficile de faire disparaître. On a préconisé les conférences, les ligues, les sociétés contre l'alcoolisme. En Angleterre, la propagande anti-alcoolique dans les écoles a pris ces dernières années une grande extension; c'est en effet un des meilleurs moyens d'atténuer l'alcoolisme que de montrer aux enfants qu'il peut compromettre chez eux non seulement la vie physique, la santé, mais aussi la vie intellectuelle et morale, et il faut espérer que cet enseignement se donnera bientôt dans nos écoles.

L'inertie, le manque d'initiative, qui est le mal dont souffre la Plaine de Caen, est dû surtout à l'isolement du paysan; si la classe rurale est encore très arriérée et a bien des progrès à accomplir, il faut convenir aussi que l'on est loin d'avoir tout fait pour éduquer et instruire le paysan. L'organisation de l'instruction et de l'éducation au Danemark pourrait à ce sujet servir de modèle à la nôtre; tous les jeunes gens vont à l'école six mois par an; ils restent chez eux les six autres mois, mais ils ne sont pas livrés à eux-mêmes: leurs loisirs sont employés à continuer leur instruction; des réunions fréquentes ont lieu sous la direction de maîtres nomades; les parents eux-mêmes y assistent et des discussions contradictoires sur des sujets intéressants ont lieu souvent, auxquelles se mêlent des savants et surtout des étudiants qui se consacrent avec ardeur à l'éducation du peuple. Chez nous, l'instruction obligatoire elle-même est trop négligée; le nombre des écoles est encore insuffisant et elles ne sont pas assez fréquentées; il faut au paysan une instruction essentiellement agricole, on ne l'a pas comprise assez tôt et cette instruction commence seulement à se développer.

La Société d'agriculture de l'arrondissement de Caen a organisé des concours d'enseignement agricole primaire; ils ont lieu chaque année, à tour de rôle, dans l'un des cantons de l'arrondissement; les élèves, convoqués au chef-lieu de canton devant un jury composé de l'inspecteur primaire, du professeur départemental d'agriculture et des délégués de la Société, ont à subir une composition écrite et un examen oral. Les prix consistent en médailles, diplômes et livres, donnés par la Société. Ces concours excitent une émulation fort encourageante et donnent des résultats excellents au point de vue de la nature des compositions. Il faut espérer que l'instruction agricole, jusqu'ici complètement nulle, va se développer et contribuer dans une large mesure au progrès culturel.

La création de bibliothèques rurales agirait aussi d'une manière efficace sur l'état intellectuel du paysan, dont les lectures sont d'une insuffisance absolue. Dès 1827, ainsi que nous l'apprend la *Revue normande*, M. de Caumont

avait formé le projet de créer, dans les principaux bourgs du Calvados, des bibliothèques populaires, destinées à répandre dans les campagnes des connaissances qui n'y pénétraient qu'avec une extrême difficulté. Il se proposait d'établir un certain nombre de bibliothèques, placées autant que possible dans les grandes communes et chefs-lieux de canton, et confiées aux soins des maires, des curés, des juges de paix. On devait donner la plus grande attention au choix des ouvrages qui auraient pour la plupart renfermé des notions élémentaires d'agriculture théorique-pratique, d'arts et métiers, d'hygiène et de tout ce qui peut être utile à la vie rurale. De nombreuses dispositions, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas, étaient jointes à ce projet.

On comprend tout ce qu'un pareil établissement avait d'éminemment moral et tout le bien qu'il pouvait produire. De bons livres, mis à la disposition des habitants des campagnes, contribueraient certainement à les détourner de l'ivrognerie; en développant chez lui des connaissances appropriées à son état et proportionnées à ses capacités intellectuelles, en attirant son attention vers ses intérêts véritables, les bibliothèques rurales, bien composées, auraient le grand avantage de rendre au cultivateur son travail plus intéressant et de le mieux attacher à sa profession. Dès son origine, l'Association normande comprit l'importance des bibliothèques cantonales. Elle provoqua des créations de bibliothèques publiques, fit des démarches auprès des maires de plusieurs chefs-lieux de canton pour les inviter à seconder ses vues, elle encouragea enfin (1838) la création des bibliothèques par des secours et des allocations. Ce mouvement, plein de promesses pour l'avenir, ne se réalisa malheureusement pas, et les paysans normands restèrent, comme par le passé, privés de tout aliment intellectuel.

Il serait urgent de mettre au moins sous la main de cette population rurale les institutions de crédit populaire les plus élémentaires, comme les caisses d'épargne. Dans les villes, elles produisent d'excellents effets, en diminuant parmi les ouvriers l'usage et l'abus des liqueurs alcooliques, en leur donnant des idées d'ordre et de tempérance, en les rendant plus sobres, plus sociables, et par conséquent plus probes et plus intelligents. Lorsque l'ouvrier des champs connaîtra les avantages de ces institutions, que la prévoyance de l'avenir le fera songer à profiter de sa jeunesse, de sa force, de sa bonne santé pour se ménager des moyens d'existence futurs, il n'ira pas au cabaret dépenser en une heure le produit d'une journée de travail et de fatigues. Il placera ses quelques économies à la caisse d'épargne, afin de prévenir le besoin quand viendront la maladie et la vieillesse. — Les domestiques de ferme quittent souvent fort jeunes leurs parents; leur instruction est ordinairement très bornée et leur éducation morale presque nulle; abandonnés de bonne heure à eux-mêmes, leur intelligence s'étiole et leur cœur s'endurcit; ils ne connaissent plus d'autres devoirs que d'exécuter avec plus ou moins de zèle les travaux qui leur sont confiés. La

plupart des maîtres ne songent, en effet, qu'à tirer le plus de travail possible de leurs domestiques; ils s'inquiètent peu de leur état et ne font pas d'efforts pour le modifier. Un des meilleurs moyens que l'on puisse employer pour combattre ce mal déplorable, c'est sans aucun doute de faire connaître dans les fermes l'utilité des caisses d'épargne, de procurer au domestique le moyen d'économiser sur ses gages une somme suffisante pour lui permettre de quitter un jour sa condition précaire.

Ainsi, au manque d'initiative le cultivateur de la Plaine de Caen joint une instruction par trop rudimentaire. Ces deux graves défauts annihilent en lui les autres qualités qu'il peut avoir, lui font repousser de parti pris toute amélioration, le rendent complètement réfractaire au progrès. Timoré, indécis, de lui-même il ne tentera rien de nouveau; il est par-dessus tout méfiant et fidèle aux vieilles habitudes : il veut *voir* avant d'entreprendre quoi que ce soit. Il ne se rend pas compte de la marche des choses, si rapide, qu'au lieu de rester sur place il recule, et il croit toujours au retour de la prospérité passée, à la belle période du colza, mais il ne fait rien pour la faire revenir. Hélas! les dernières espérances s'en vont peu à peu; il faut renoncer aux habitudes de luxe contractées jadis. « Autrefois, disait un éleveur, tout le monde avait un cabriolet; on ne se rendait pas à la ville sans dépenser 10 ou 12 francs; maintenant on y va en chemin de fer et l'on rentre dîner chez soi; faudra-t-il aller à pied et vivre de pain sec? » (Ardouin-Dumazet.) La multiplicité des voies de communication et l'accroissement de la rapidité des transports ont modifié totalement les conditions économiques de la culture; la Normandie qui, longtemps, a dû à sa situation géographique le monopole presque exclusif de l'approvisionnement de Paris, ne peut plus désormais y prétendre que par la supériorité de ses produits. La loi du progrès s'impose donc aux agriculteurs normands. Qu'ils cultivent des variétés de céréales productives et résistantes, qu'ils se servent d'instruments perfectionnés, qu'ils fassent un emploi judicieux et raisonné des engrais chimiques, qu'en élevage ils proscrivent les croisements et cherchent l'amélioration par un bon régime et par la sélection des reproducteurs, qu'ils tâchent, enfin, de profiter des multiples débouchés qui sont à leur portée, que, pour les satisfaire, ils fassent appel à cet esprit d'association qui leur a fait si complètement défaut jusqu'ici et il y aura encore de beaux jours pour la Plaine de Caen.

HYGIÈNE

NOTICE MONOGRAPHIQUE SUR LES ORDURES MÉNAGÈRES DE PARIS,

PAR **M. Paul Vincey** (1).

ANNEXE N° 1

Transport par chemin de fer.

COMPAGNIE DE L'EST

Les ordures ménagères de Paris sont expédiées sur le réseau de l'Est par les gares de Paris-la-Villette, Paris-Reuilly, Vincennes-Fontenay et Pantin.

Pour Paris-la-Villette pour Paris-Reuilly, et Vincennes-Fontenay les tarifs sont les suivants :

	Kilom.	Fr. c.	
De 0 à 25	0,04	par tonne et par kilom.	Non compris les frais de chargement, de dé- chargement et de gare qui s'élèvent à 0 fr. 40 par tonne.
De 25 à 50	0,02	par chaque kilom. en sus.	
De 50 à 100	0,015	—	
Au-dessus de 100	0,02	—	

Pour Pantin, en vertu d'un traité passé avec la ville de Paris le 27 juillet 1892 (2), les prix de transport sont ainsi réglés :

	Kilom.	Fr. c.	
De Pantin à toutes les gares et stations du réseau.	De 0 à 25	0,04 par tonne et par kilom.	plus 0 fr. 40 par tonne, pour frais de gare.
	De 25 à 50	0,02 par tonne et par kilom.	
	Au-dessus de 50	0,01 par tonne et par kilom.	

Ces prix ne sont applicables qu'à la condition que les wagons seront chargés par les expéditeurs, déchargés et rendus vides par les destinataires, dans les conditions et délais prévus par l'arrêté ministériel du 27 mai 1887.

Passé les délais que comporte cet arrêté, il sera perçu 0 fr. 25 par heure de retard et par wagon, la Compagnie se réservant d'ailleurs le droit, à l'expiration des mêmes délais, de faire exécuter le chargement et le déchargement par ses agents en percevant une taxe de 0 fr. 30 par tonne.

Le temps du stationnement est compté depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, sans tenir compte des heures de nuit, qui sont ainsi fixées :

Du 16 mars au 15 octobre.	de 6 h. du soir à 6 h. du matin.
Du 16 octobre au 15 mars.	de 5 — 7 —

(1) Voir le *Bulletin* d'août 1900.

(2) Ce traité a été demandé par la Préfecture de la Seine pour attirer le chargement à Pantin (près de la porte, mais *extra muros*) et en débarrasser la gare de la Villette (*intra muros*).

Les wagons employés au transport des boues, gadoues et immondices sont des wagons découverts, non bâchés, ou recouverts par l'expéditeur au moyen de bâches lui appartenant. Dans aucun cas la Compagnie ne peut être tenue de fournir des bâches.

La construction du quai à gadoues projeté à Pantin est aujourd'hui terminée, mais les entrepreneurs n'y apportent presque rien, environ 200 tonnes par an.

Les gares destinataires des gadoues de Paris sur la ligne de l'Est étaient au nombre de 16, en 1895.

Aucune de ces gares destinataires n'a d'installation spéciale pour le déchargement.

La Compagnie de l'Est a expédié, en 1894, 18 874 tonnes de gadoues de Paris.
— en 1895, 21 237 —

COMPAGNIE DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

La Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée utilise, pour l'expédition des gadoues, un quai d'embarquement existant dans sa gare *extra muros* de Conflans-Bercy. Le quai est isolé au milieu des vastes espaces que la Compagnie occupe entre la route de Paris à Genève et la Seine ; là, les immondices de Paris peuvent être apportées, manutentionnées, sans affecter beaucoup ni la vue (ce qui a son importance) ni l'odorat de ceux qui circulent dans la région.

Le prix du transport des gadoues partant de Paris, sur la ligne P.-L.-M., est celui du barème F, frais de gare compris, au minimum de 1 franc et au maximum de 2 fr. 50 par tonne pour les parcours allant jusqu'à 100 kilomètres, et au delà de 100 kilomètres, 1 centime par tonne et par kilomètre en plus.

Les gadoues, boues et ordures ménagères de la ville de Paris, expédiées sur les lignes de la Compagnie P.-L.-M. par l'administration de la ville de Paris ou par ses entrepreneurs, seront remises par wagon chargé de 8 000 kilogrammes au minimum ou payant pour ce poids. Le chargement et le déchargement seront effectués par les soins et aux frais des expéditeurs et des destinataires.

Les prix ainsi définis seront applicables à la condition que les wagons seront chargés par les expéditeurs et rendus vides par les destinataires dans les conditions et délais prévus par l'arrêté ministériel du 27 mai 1887.

Passé les délais que comporte cet arrêté, il sera perçu 0 fr. 25 par heure de retard et par wagon, étant d'ailleurs loisible à la Compagnie, à l'expiration de ces mêmes délais, de faire exécuter le chargement et le déchargement par ses agents en percevant le droit de 0 fr. 30 pour 1 000 kilogrammes.

Le temps de stationnement sera compté depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, sans tenir compte des heures de nuit qui sont ainsi fixées :

Du 1^{er} avril au 30 septembre, de 7 heures du soir à 5 heures du matin.

Du 1^{er} octobre au 31 mars, de 6 heures du soir à 6 heures du matin.

Les wagons employés au transport des gadoues sont des wagons découverts non bâchés ou recouverts par l'expéditeur au moyen de bâches lui appartenant.

Dans aucun cas la Compagnie ne peut être tenue de fournir des bâches.

Les bâches appartenant aux expéditeurs devront porter d'une façon très apparente le nom des propriétaires et celui du point où elles doivent être envoyées.

La réexpédition de ces bûches au point de départ ne donne lieu qu'à la perception des frais d'enregistrement et de timbre du récépissé.

Le tableau suivant, pour les différents mois de l'année et pour l'ensemble des six années de 1890 à 1895, fait voir l'importance du tonnage des gadoues transportées par ladite Compagnie.

Gadoues transportées par la Compagnie P.-L.-M.

MOIS.	1890	1891	1892	1893	1894	1895
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Janvier.	1 392	1 650	501	2 509	3 592	1 052
Février.	232	221	340	346	3 551	2 300
Mars.	26	650	149	16	1 836	665
Avril.	289	350	268	198	2 683	239
Mai.	2 051	1 271	2 076	3 364	4 992	2 385
Juin.	3 220	2 720	3 552	3 617	5 922	4 256
Juillet.	1 398	1 590	2 377	1 885	4 684	2 830
Août.	1 724	671	731	2 158	686	465
Septembre.	1 260	1 051	1 104	2 745	2 157	721
Octobre.	499	350	148	800	842	263
Novembre.	303	256	»	1 766	817	322
Décembre.	1 442	540	611	2 293	736	760
TOTAUX	13 836	11 320	11 907	21 697	32 501	16 958

A l'autre extrémité de la ligne, la Compagnie P.-L.-M. a fait homologuer en 1890, en faveur de la ville de Marseille, le tarif spécial ci-après.

Par train complet de 200 tonnes de charge utile au maximum 5 francs par kilomètre, sans que la taxe puisse descendre au-dessous de 200 francs par train.

Si la charge utile du train dépasse 200 tonnes, pour chaque tonne en sus, 0 fr. 02 par kilomètre, sans que la taxe additionnelle puisse devenir inférieure à 0 fr. 80 par tonne.

Ce tarif correspond à une base de 2 centimes et demi par tonne et par kilomètre. Quoiqu'il ne s'applique qu'au seul entrepreneur de l'enlèvement des immondices de Marseille, ce tarif constitue une amélioration considérable. Par son minimum de taxe, il oblige l'expéditeur à transporter les immondices de Marseille à plus de 40 kilomètres au delà de la zone de villégiature des habitants, et lui permet de les déverser dans cette vaste plaine déserte, la Crau, où la mise en culture du sol n'est possible qu'avec un apport considérable d'engrais.

COMPAGNIE D'ORLÉANS

Les boues et immondices de Paris sont expédiées sur la ligne d'Orléans par la gare d'Ivry et celle de Montrouge, où il a été installé un quai spécial d'embarquement qui n'a donné lieu à aucune plainte jusqu'à ce jour.

Les principales gares destinataires, au nombre de 31, ne possèdent aucun aménagement spécial pour le déchargement des gadoues.

Les gadoues, boues et ordures ménagères de la ville de Paris expédiées sur les lignes de la Compagnie d'Orléans par l'administration de la ville de Paris ou par ses entrepreneurs, seront taxées d'après les tarifs ordinaires, mais sans que le prix puisse dépasser 2 fr. 50 par tonne, tant que la distance de transport n'excède pas elle-même 103 kilomètres.

Les marchandises désignées ci-dessus devront, pour bénéficier du prix de 2 fr. 50, être remises par chargement de 8 000 kilogrammes au minimum par wagon ou payer pour ce poids. — Ce prix comprend les frais de gare; le chargement et le déchargement seront effectués par les soins et aux frais des expéditeurs et des destinataires.

Enfin, depuis mars 1894, les prix applicables aux transports des gadoues de la ville de Paris ont été abaissés ainsi qu'il suit :

- 1° Entre Paris et Cercottes ou Gault-Saint-Denis (109 à 111 kilom.), 2 fr. 50;
- 2° Entre Paris et les embranchements qui pourront s'établir entre la rive gauche de la Loire et la station de Saint-Cyr-en-Val exclus (131 kilom), 2 fr. 75;
- 3° Entre Paris et les stations situées au delà de Theillay et de Gault-Saint-Denis (189 kilom. inclus), 3 francs;
- 4° Entre Paris et les stations situées au delà de Theillay et de Gault-Saint-Denis, mêmes prix que ceux fixés pour ces points, mais majorés d'une taxe supplémentaire de 0 fr. 01 pour chaque kilomètre de parcours en plus.

Les prix ainsi définis seront applicables à la condition que les wagons seront chargés par les expéditeurs et déchargés par les destinataires, dans les conditions et délais prévus par l'arrêté ministériel du 27 mai 1887.

Passé les délais que comporte cet arrêté, il sera perçu 0 fr. 25 par heure de retard et par wagon, étant d'ailleurs loisible à la Compagnie, à l'expiration de ces mêmes délais, de faire exécuter le chargement et le déchargement par ses agents, en percevant le droit de 0 fr. 30 par 1 000 kilogrammes.

Le temps de stationnement sera compté depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, sans tenir compte des heures de nuit qui sont ainsi fixées :

- Du 1^{er} avril au 30 septembre, de 7 heures du soir à 5 heures du matin;
- Du 1^{er} octobre au 31 mars, de 6 heures du soir à 6 heures du matin.

Les wagons employés au transport des gadoues sont des wagons découverts, non bâchés, ou recouverts par l'expéditeur au moyen de bâches lui appartenant.

Dans aucun cas la Compagnie ne peut être tenue de fournir des bâches.

Les bâches appartenant aux expéditeurs devront porter d'une façon très apparente le nom des propriétaires et celui du point où elles doivent être envoyées.

La réexpédition de ces bâches au point de départ ne donne lieu qu'à la perception des frais d'enregistrement et de timbre du récépissé.

Les quantités de gadoues de Paris expédiées sur la ligne d'Orléans de 1892 à 1895 sont les suivantes :

1892.	10 464 tonnes.
1893.	10 957 —
1894.	10 535 —
1895.	14 723 —

COMPAGNIE DU NORD

En attendant la construction du quai spécial projeté près des Batignolles, le long de l'enceinte fortifiée, à frais communs par la ville de Paris, les Compagnies du Nord et de l'Ouest, la Compagnie du Nord a consenti à admettre provisoirement que les expéditions des gadoues de Paris se fassent par les gares de la Chapelle-Annexe (commune de la Plaine-Saint-Denis et de Saint-Ouen-les-Docks), situées en dehors de l'enceinte fortifiée.

Dans ces deux gares, le chargement se fait directement de voiture à wagon sur des voies spécialisées à cet effet, situées aussi loin que possible des lieux habités, et qui sont desservies sur toute leur longueur par une chaussée empierrée praticable aux voitures.

La quantité journalière des envois de gadoue par les deux gares d'expédition a oscillé depuis dix ans dans des limites assez étendues, bien que le cube des ordures ménagères de Paris ait peu varié.

M. l'Ingénieur en chef de l'exploitation du Chemin de fer du Nord en donne les raisons suivantes :

Il y a eu, dit-il, en 1894 en particulier, une réduction très sensible sur les chiffres des transports de gadoues qui nous ont été confiés. Ce fait s'explique par les hasards des adjudications de la ville de Paris. Le concessionnaire de l'enlèvement des immondices des X^e et XVIII^e arrondissements, avant 1894, avait la plus grande partie de sa clientèle sur nos lignes et livrait très peu par voiture aux cultivateurs de la banlieue parisienne, toutes ses remises avaient lieu à la Chapelle-Annexe. Sa concession aujourd'hui comprend les XI^e et XVI^e arrondissements, et il nous remet encore quelques expéditions à Saint-Ouen, mais le nouveau concessionnaire des X^e et XVIII^e arrondissements livre par voiture la majeure partie des gadoues, ce qui explique la baisse sensible des expéditions en question à la Chapelle-Annexe.

Dans la note très complète fournie par M. l'Ingénieur en chef du Nord, il ajoute l'observation suivante, qui expliquerait, suivant lui, la diminution des expéditions d'immondices par la ligne du Nord.

Il n'est pas inutile, d'ailleurs, de remarquer que, même pour les cultivateurs de la banlieue, les gadoues ont perdu une partie de leur valeur comme engrais, parce que le crottin de cheval en a aujourd'hui à peu près complètement disparu par suite de son envoi à l'égout et de l'emploi de balayeuses mécaniques; il y reste des déchets de verdure ou des cendres de combustibles minéraux sans valeur fertilisante, et de nombreux débris (tessons, casseroles, etc.), qui obligent le cultivateur à perdre un temps précieux pour rejeter ces débris en bordure de son champ.

Il y a là un dire dont il importe de tenir compte; il est certain, que le triage des ordures ménagères avant l'utilisation agricole apparaît comme un moyen qui facilite singulièrement leur écoulement.

Dans les deux gares d'expédition de Paris, il n'existe aucun aménagement spécial pour recevoir les produits du balayage. Grâce à leur isolement sans doute, aucune plainte ne paraît s'être produite contre le chargement et le séjour des gadoues expédiées. Il n'en a pas été de même dans certaines gares d'arrivée, à Pontoise notamment, où les gadoues de Paris étaient déchargées dans l'intérieur de la ville. Un arrêté prohibitif du maire de Pontoise, du 19 mars 1880, provoqua, sur l'avis conforme de la

Commission consultative des chemins de fer, une décision du ministre des Travaux publics le 3 décembre 1881, à la suite de laquelle une gare spéciale assez éloignée de la ville a été créée. Dans d'autres stations, la Compagnie du Nord a spécialisé pour le chargement des gadoues des bouts de voie et cette solution est toujours applicable.

Les boues, gadoues et immondices de la ville de Paris sont transportées, sur le réseau du Nord, à des prix spéciaux les plus réduits de ceux applicables sur les réseaux français, qui ont été concertés entre la Compagnie du Nord et la Ville de Paris.

Par wagon chargé d'au moins 8 000 kilos ou payant pour ce poids jusqu'à :

	Francs.
25 kilomètres	0,04 par tonne et par kilomètre (avec minimum de 0 fr. 40).
26 à 50 —	0,02 par tonne et par kilomètre.
51 à 100 —	0,01 —
101 à 300 —	0,005 —
	plus 0 fr. 40 par tonne pour frais de gare.

Les prix ci-dessus sont applicables à la condition que les wagons seront chargés par les expéditeurs, et déchargés et rendus vides par les destinataires dans les conditions et délais prévus par l'arrêté ministériel du 27 mai 1887.

Passé les délais que comporte cet arrêté, il sera perçu 0 fr. 25 par heure de retard et par wagon, étant d'ailleurs loisible à la Compagnie, à l'expiration de ces mêmes délais, de faire exécuter le chargement ou le déchargement par ses agents, en percevant le droit de 0 fr. 30 par 1 000 kilogrammes.

Le temps de stationnement sera compté depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, sans tenir compte des heures de nuit qui sont ainsi fixées :

Du 1^{er} avril au 30 septembre, de 7 heures du soir à 5 heures du matin.

Du 1^{er} octobre au 31 mars, de 6 heures du soir à 6 heures du matin.

Les wagons employés au transport des gadoues sont des wagons découverts, non bâchés, ou recouverts par l'expéditeur au moyen de bâches lui appartenant.

Dans aucun cas la Compagnie ne peut être tenue de fournir des bâches.

Les bâches appartenant aux expéditeurs doivent porter d'une façon très apparente le nom des propriétaires ou celui à qui elles doivent être renvoyées.

La réexpédition de ces bâches au point de départ ne donne lieu qu'à la perception des frais d'enregistrement et de timbre du récépissé.

Les gares qui reçoivent des immondices de Paris sur la ligne du Nord sont au nombre de 33.

La plupart des communes destinataires sont situées dans un rayon de 10 à 35 kilomètres de Paris. Quelques-unes seulement, comme celles de Liesse (154 kilomètres), de Boves (123 kilomètres), Boissy-Levignen (62 kilomètres), Creil (52 kilomètres), Crépy-en-Valois (62 kilomètres), Fresnoy-le-Luat (68 kilomètres), sont beaucoup plus éloignées.

Les trains dans lesquels circulent les wagons de gadoue sont désignés à l'avance et les destinataires sont prévenus de l'arrivée des wagons aussi rapidement que possible.

— Les délais de déchargement sont réduits au strict minimum (6 heures), et de cette façon, le séjour des gadoues dans les gares d'arrivée est restreint.

COMPAGNIE DE L'OUEST

Le chemin de fer de l'Ouest accepte les gadoues de Paris dans les gares de Vaugirard, Grenelle et Batignolles, et les expédie dans des localités situées dans un rayon approximatif de 60 kilomètres autour de Paris.

Le point le plus éloigné recevant des gadoues expédiées par l'Ouest est la commune de Saint-Denis-sur-Sarthon (225 kilomètres), grâce au tarif suivant qui a été accepté également par le chemin de fer de l'État :

	Francs.
De 0 à 25 kilomètres.	0,04 par tonne et par kilomètre.
De 26 à 50 —	0,02 —
Au delà de 50 —	0,01 —

Pour bénéficier de ce tarif réduit, le transport doit être effectué par wagon complet de 8000 kilogrammes.

Les prix ainsi déterminés doivent être uniformément augmentés de 0 fr. 40 par tonne pour frais de gare, et le minimum de perception est fixé à 1 fr. 50.

Les prix ci-dessus seront applicables à la condition que les wagons seront chargés par les expéditeurs et rendus vides par les destinataires dans les conditions et délais prévus par l'arrêté ministériel du 27 mai 1887.

Passé les délais que comporte cet arrêté, il sera perçu 0 fr. 25 par heure de retard et par wagon, étant d'ailleurs loisible à la Compagnie, à l'expiration de ces mêmes délais, de faire exécuter le déchargement par ses agents en percevant le droit de 0 fr. 30 par 1000 kilogrammes.

Le temps de stationnement sera compté depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, sans tenir compte des heures de nuit qui sont ainsi fixées :

Du 1^{er} avril au 30 septembre, de 7 heures du soir à 6 heures du matin ;

Du 1^{er} octobre au 31 mars, de 6 heures du soir à 6 heures du matin.

Les wagons employés au transport des gadoues sont des wagons découverts, non bâchés, ou recouverts par l'expéditeur au moyen de bâches lui appartenant.

Dans aucun cas la Compagnie ne peut être tenue de fournir les bâches.

Les bâches appartenant aux expéditeurs doivent porter d'une façon très apparente le nom des propriétaires et celui du point où elles doivent être renvoyées.

La réexpédition de ces bâches au point de départ ne donne lieu qu'à la perception des frais d'enregistrement et de timbre du récépissé.

Dans ces conditions, le prix de transport des gadoues à 100 kilomètres de Paris, frais de gare compris, s'élève à 2 fr. 40 au lieu de 3 fr. 90 que coûtait ce transport avant le traité intervenu le 8 décembre 1894 entre le ministre des Travaux publics et la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest. Ce traité règle les conditions de transport des gadoues de la ville de Paris sur le réseau de l'Ouest au départ du port de Javel, conformément aux stipulations d'une convention intervenue entre M. le Préfet de la Seine et la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest le 23 juillet 1892.

L'administration s'est préoccupée de diminuer, tant au départ, par l'établissement d'un port sec pour Paris sur les quais de Javel, qu'à l'arrivée, par les avis préalables envoyés obligatoirement aux destinataires, les inconvénients du chargement et du déchargement dans les gares.

L'horaire adopté pour les convois de gadoues, d'autre part, comme on peut le voir,

est bien établi pour atteindre le double but à poursuivre, celui de débarrasser promptement Paris de ses immondices, et de les faire parvenir en gare destinataire à une heure assez matinale pour que leur transport à travers les rues des agglomérations puisse être effectué avant le moment de la journée où la circulation est la plus active.

Dans certains cas, et moyennant des arrangements pris avec les intéressés, la Compagnie de l'Ouest autorise dans ses gares rurales le déchargement de nuit, ainsi qu'elle l'a fait, sur la demande du Comité consultatif d'hygiène de France, pour les gares de Trappes et Laverrière.

La Compagnie de l'Ouest a donc réalisé les améliorations les plus importantes demandées par la Commission supérieure d'assainissement de Paris en 1885 pour le transport des gadoues, savoir : au point de départ, expédition rapide des immondices recueillies dans Paris, au moyen de quais spéciaux pour le chargement; avis préalable obligatoire donné aux destinataires pour qu'ils puissent débarrasser les gares d'arrivée dans le plus bref délai possible, et enfin, ce qui est capital, elle a concédé des abaissements de tarif suffisants pour permettre l'envoi au loin, dans les pays de grande culture, des déchets de la ville de Paris.

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

(Avenant du 23 novembre 1894.)

Les conditions consenties par la Compagnie de l'Ouest sont applicables aux gadoues expédiées du quai d'embarquement de Javel sur les gares du réseau de l'État (*via* Chartres).

Le transport est effectué de Javel à Chartres par la Compagnie de l'Ouest, et au delà par l'administration des chemins de fer de l'État, la répartition étant faite d'après les distances approuvées afférentes à ces deux parcours, *au prorata kilométrique*, après réduction de 0 fr. 40 par tonne pour chacun des réseaux intéressés.

ANNEXE N° 2

Réglementation publique relative au transport par chemins de fer.

ARRÊTÉ du ministre des Travaux publics, relatif au transport des gadoues par voie ferrée.

GADOUES VERTES

ARTICLE PREMIER. — Les gadoues vertes devront être chargées directement de voiture à wagon, dans un délai de deux heures à partir de l'entrée en gare, par les soins de l'expéditeur ou, à défaut, à ses frais, par les agents de la compagnie.

ART. 2. — Les wagons devront être déchargés à l'arrivée et les matières enlevées de la gare dans un délai de six heures (nuit non comprise) à partir de leur arrivée, par les soins du destinataire ou, à défaut, à ses frais et d'urgence, par la compagnie.

GADOUES NOIRES

ART. 3. — Les gadoues noires ne seront acceptées dans les gares que du 1^{er} octobre au 1^{er} avril. Elles ne pourront être transportées que dans des récipients étanches fournis par les expéditeurs.

Le chargement devra en être terminé dans le délai de deux heures à partir de l'entrée en gare par les soins de l'expéditeur, ou, à défaut, à ses frais et d'urgence, par la compagnie.

ART. 4. — Le chargement et l'enlèvement des récipients définis à l'article 3, dans les gares d'arrivée, devront être effectués, dans un délai de trois heures (nuit non comprise) à partir de leur arrivée, par les soins du destinataire, ou, à défaut, à ses frais et d'urgence par la compagnie.

ART. 5. — Lorsque les gadoues noires seront apportées dans des tonneaux ou caisses hermétiquement fermés, le délai désigné à l'article 4 sera porté à six heures (nuit non comprise).

.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

ART. 10. — Si la gare d'arrivée ne possède pas de service de camionnage et si les matières ne sont pas enlevées par le destinataire dans les délais fixés par les articles 2, 4, 5 et 7, l'enlèvement de la marchandise et son camionnage au domicile du destinataire devront être effectués, par tous les moyens que la gare aura en son pouvoir, aux frais, risques et périls du destinataire. En cas d'impossibilité d'effectuer ce camionnage, les wagons devront être remisés, aux frais et à la disposition du destinataire, sur une voie de garage aussi éloignée que possible des habitations.

ART. 11. — Les wagons chargés de matières désignées dans les articles qui précèdent ne devront jamais être différés en route par les compagnies de chemins de fer.

ART. 12. — Les compagnies devront désigner à l'avance et faire connaître au public les trains et les itinéraires suivis, au départ des gares de Paris et de grandes villes

donnant lieu au transport des gadoues pour engrais, afin que les expéditeurs puissent apporter leurs marchandises au moment voulu pour le chargement. Ceux-ci devront d'ailleurs prévenir les destinataires du départ des trains emmenant leurs marchandises, en vue de leur enlèvement à l'arrivée dans les délais assignés.

ART. 13. — Tous les frais supplémentaires de manutention, remisage, stationnement des wagons, etc., imposés par la négligence des expéditeurs ou destinataires, qui ne rempliront pas leurs obligations dans les délais respectivement prescrits, seront exigibles à partir de l'expiration de ces délais.

ART. 14. — Le présent arrêté sera notifié aux compagnies de chemins de fer. Il sera publié et affiché.

Les préfets, les fonctionnaires et les agents de contrôle sont chargés d'en surveiller l'exécution.

ART. 15. — L'arrêté ministériel susvisé du 14 janvier 1884 est abrogé.

E. MILLAUD.

Paris, le 27 mai 1887.

TRANSPORT PAR CHEMIN DE FER DES MATIÈRES DANGEREUSES ET INFECTES
CONVENTION INTERNATIONALE DE BERNE

Réglementation nouvelle pour la France

Les ministres des Travaux publics, de la Guerre et des Finances, vu...
Arrêtent :

TITRE III

EXPÉDITION, EMBALLAGE ET CHARGEMENT

Matières de la sixième catégorie

(infectes)

GADOUES VERTES ET NOIRES

ART. 116. — Les gadoues vertes peuvent être chargées en vrac.

ART. 117. — Les gadoues noires, qui ne sont acceptées que du 1^{er} octobre au 1^{er} avril, doivent être enfermées dans des récipients étanches.

TITRE IV

TRANSPORT

Matières de la sixième catégorie.

GADOUES VERTES OU NOIRES

ART. 158. — Les gadoues vertes devront être chargées directement de voitures à wagons, dans un délai de deux heures à partir de l'entrée en gare, par les soins des expéditeurs ou, à défaut, aux frais de ceux-ci, par les soins des compagnies.

Elles devront être déchargées et enlevées des gares dans un délai de six heures, non compris les périodes de nuit pendant lesquelles les gares sont fermées au public, à partir de leur arrivée, par les soins des destinataires ou, à défaut, aux frais de ceux-ci et d'urgence, par les soins des compagnies.

ART. 159. — Le chargement des gadoues noires devra être terminé dans le délai de deux heures à partir de l'entrée en gare, par les soins des expéditeurs ou, à défaut, aux frais de ceux-ci, par les soins des compagnies.

Le déchargement et l'enlèvement doivent être effectués dans le délai de trois heures (ou de six heures si les récipients sont hermétiquement fermés), non compris les périodes de nuit pendant lesquelles les gares sont fermées au public, à partir de l'arrivée, par les soins des destinataires, ou à défaut, aux frais de ceux-ci et d'urgence, par les soins des compagnies.

ART. 160. — Les compagnies de chemins de fer devront faire connaître à l'avance au public les départs et les itinéraires des trains destinés à emporter de Paris et des grandes villes les gadoues vertes ou noires pour engrais, afin que les expéditeurs puissent apporter leurs marchandises au moment voulu pour le chargement. Les expéditeurs devront d'ailleurs prévenir les destinataires du départ des trains emmenant leurs marchandises en vue de l'enlèvement à l'arrivée dans les délais prescrits.

ANNEXE N° 3

Réglementation publique concernant le rassemblement des ordures ménagères dans les maisons, sur les trottoirs des rues et le chiffonnage.

Arrêté du préfet de la Seine, du 7 mars 1884.

RÈGLEMENT

Le préfet de la Seine,

Vu les règlements sur la police de la voirie de Paris, notamment les lettres patentes du mois de septembre 1608;

Vu les lois des 16-24 août 1790 et 19-22 juillet 1791;

Vu la loi du 28 pluviôse an VIII et le décret du 16 octobre 1839;

Vu l'arrêté du Gouvernement en date du 11 septembre 1870 interdisant les dépôts d'ordures ménagères sur la voie publique, ledit arrêté renouvelé par ceux du 14 juin 1871 et du 4 juin 1875;

Vu l'arrêté du 24 novembre 1883;

Vu la délibération du Conseil municipal, en date du 22 février 1884, invitant l'Administration à modifier les dispositions de l'arrêté du 24 novembre précité;

Considérant que la mise en pratique des dispositions prescrites par l'arrêté susvisé du 11 septembre 1870, en ce qui concerne le dépôt et l'enlèvement des résidus de ménage, a démontré qu'il y avait inconvénient à laisser chaque habitant ou locataire déposer un récipient contenant les ordures ménagères;

Considérant que, dans ces conditions, il y a lieu d'obliger le propriétaire de chaque immeuble à mettre à la disposition de ses locataires un ou plusieurs récipients communs pour recevoir les résidus de ménage de tous les locataires, et qui seront remisés vides à l'intérieur de la maison, aussitôt après le passage des tombereaux d'enlèvement;

Considérant que ces récipients pourront être mis le soir à la disposition des locataires sans inconvénient pour la salubrité, à la condition de les recouvrir par un couvercle mobile qu'on enlèvera avant le dépôt des récipients sur la voie publique;

Considérant que le mode de chargement par un cabestan dans les voitures exige que les récipients aient des dimensions déterminées;

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Il est complètement interdit de projeter sur la voie publique, à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit, des résidus quelconques de ménage ou les produits de balayage provenant de l'intérieur des propriétés privées ou des établissements publics.

ART. 2. — A partir de la date du présent arrêté, le propriétaire de tout immeuble habité sera tenu de faire déposer chaque matin, soit extérieurement sur le trottoir, le long de la façade, soit intérieurement, près de la porte d'entrée, en un point parfaitement visible et accessible, un ou plusieurs récipients communs de capacité suffisante pour contenir les résidus de ménage de tous les locataires ou habitants.

Le dépôt de ces récipients devra être effectué une heure au moins avant l'heure réglementaire de l'enlèvement qui doit commencer à 6 heures 1/2 du matin pour être terminé à 8 heures 1/2 en été (c'est-à-dire du 1^{er} avril au 30 septembre) et commencer à 7 heures pour être terminé à 9 heures en hiver (c'est-à-dire du 1^{er} octobre au 31 mars).

Les récipients devront être remisés à l'intérieur de l'immeuble un quart d'heure au plus après le passage du tombereau d'enlèvement.

Le concierge, s'il en existe un dans l'immeuble, sera personnellement tenu d'assurer cette double manœuvre, sans préjudice de responsabilité civile du propriétaire.

ART. 3. — Les récipients communs, quels qu'en soient le mode de construction et la forme, devront satisfaire aux conditions suivantes :

Chaque récipient aura une capacité de 120 litres au maximum. Il ne pèsera pas à vide plus de 15 kilogrammes. S'il est de forme circulaire, il n'aura pas plus de 0^m,55 de diamètre; s'il est de forme rectangulaire ou elliptique, il n'aura pas plus de 0^m,50 de largeur ni de 0^m,80 de longueur. En aucun cas, la hauteur ne dépassera la plus petite des deux dimensions horizontales.

Les récipients seront munis de deux anses ou poignées à leur partie supérieure. Ils devront être peints ou galvanisés, et porter sur l'une de leurs faces latérales l'indication du nom de la rue et du numéro de l'immeuble, en caractères apparents. Ils devront être constamment maintenus en bon état d'entretien et de propreté, tant intérieurement qu'extérieurement, de manière à ne répandre aucune mauvaise odeur à vide. Ces récipients seront tenus à la disposition des locataires et par les soins des propriétaires depuis 9 heures du soir jusqu'à l'heure où ils doivent être déposés sur la voie publique.

ART. 4. — Sous réserves des exceptions prévues ci-après aux articles 5 et 6, il est interdit aux habitants de verser leurs résidus de ménage ailleurs que dans les récipients communs affectés à l'immeuble. Si le récipient commun vient à faire défaut ou se trouve accidentellement insuffisant, ils devront, soit laisser leurs récipients particuliers en dépôt à la place ou auprès du récipient commun, soit attendre le passage du tombereau, pour y verser directement le contenu de ces récipients particuliers.

ART. 5. — Il est interdit de verser dans les récipients communs les résidus qui font partie de l'une des catégories suivantes et que les particuliers sont tenus de faire enlever à leurs frais, savoir :

1^o Les terres, gravois, décombres et débris de toute autre nature provenant de l'exécution de travaux quelconques ou de l'entretien des cours et jardins;

2^o Les résidus et déchets de toute nature provenant de l'exercice de commerces ou d'industries quelconques.

Sont seules exceptées de cette interdiction les ordures ménagères proprement dites des établissements de consommation.

ART. 6. — Il est également interdit de verser dans les récipients communs les objets suivants, dont l'Administration assure l'enlèvement, mais qui doivent être déposés dans des récipients spéciaux, à côté des récipients communs, savoir :

Les débris de vaisselle, verre, poterie, etc.; provenant des ménages.

ART. 8. — Il est interdit aux chiffonniers de répandre les ordures sur la voie publique; ils pourront faire le triage sur une toile et devront remettre ensuite les ordures dans les récipients.

ART. 8. — Toutes les prescriptions du présent arrêté seront applicables aux immeubles situés dans des voies non classées ou dans des cours, passages, cités, impasses et autres espaces intérieurs ayant le caractère de propriétés privées. Dans ces différents cas, les récipients communs devront être déposés au débouché de ces voies privées ou espaces intérieurs sur la voie publique.

ART. 9. — Les contraventions aux dispositions qui précèdent seront constatées par des procès-verbaux et poursuivies conformément aux lois. Les procès-verbaux pour infraction aux dispositions concernant le dépôt et le remisage des récipients communs seront dressés à la fois contre le concierge et le propriétaire de l'immeuble, ou seulement contre le concierge ou le gardien, s'il s'agit d'un immeuble appartenant à l'État, au Département ou à la Commune.

ART. 10. — Sont abrogés les arrêtés des 11 septembre 1870, 14 juin 1871, 4 juin 1875 et 24 novembre 1883, dans celles de leurs dispositions qui sont contraires au présent arrêté.

ART. 11. — M. le directeur des travaux est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera inséré au *Recueil des Actes administratifs*, et publié, par voie d'affiches, dans toute l'étendue de la Ville de Paris.

Fait à Paris, le 7 mars 1884.

Signé : E. POUBELLE.

PAR LE PRÉFET :

Le Secrétaire général de la Préfecture,

LÉON BOURGEOIS.

ANNEXE N° 4

Réglementation publique concernant les dépôts de gadoues hors de Paris.

ORDONNANCE

Concernant les dépôts d'engrais et immondices dans les communes rurales.

(Département de la Seine, Saint-Cloud, Sèvres et Meudon.)

Paris, le 24 décembre 1881.

Nous, Préfet de police,

Considérant.....

ORDONNONS ce qui suit :

ARTICLE PREMIER. — Aucun dépôt de boues et d'immondices ne pourra être établi désormais dans l'intérieur des cours, jardins ou autres enclos contigus aux habitations dans le ressort de notre Préfecture.

ART. 2. — Les dépôts de cette nature pourront être formés *dans les champs* par les cultivateurs, après *déclaration* à la préfecture de Police et avis favorable de l'autorité municipale, pourvu que leur emplacement soit à une distance d'au moins 200 mètres de toute habitation, et de 100 mètres des routes et chemins.

Cette distance pourra être réduite dans le cas où les chemins ne serviraient qu'à l'agriculture.

La *déclaration* devra être écrite et remise au maire, qui la transmettra avec son avis à la Préfecture de police.

ART. 3. — Lors de l'emploi des boues et immondices à l'engrais des terres, ces matières seront enfouies dans un bref délai.

ART. 4. — Sont exceptés des dispositions de la présente ordonnance les dépôts de boues et immondices assez considérables pour former des voiries, lesquels sont soumis aux formalités prescrites pour les établissements dangereux ou insalubres de première classe.

ART. 5. — Les contraventions seront constatées et poursuivies devant les tribunaux compétents.

ART. 6. — L'ordonnance du 8 novembre 1839 est abrogée.

ART. 7. — La présente ordonnance sera imprimée, publiée et affichée.

Les maires des communes rurales du ressort de la préfecture de Police, le commandant de la gendarmerie de la Seine et les commissaires de police, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, d'en assurer l'exécution.

Le Préfet de Police,

E. CAMESCASSE.

VOIRIES D'ORDURES MÉNAGÈRES

Ainsi qu'il est indiqué à l'article 4 de l'ordonnance du préfet de Police en date du 24 décembre 1881, ci-dessus reproduite, les dépôts de boues et immondices assez

considérables pour former des voiries, sont soumis aux formalités prescrites pour les établissements dangereux, insalubres ou incommodes de la première catégorie.

Cette première catégorie comprend les établissements qui doivent être éloignés des habitations particulières.

A Paris et dans le département de la Seine, aucun établissement de ce genre ne peut être installé sans l'autorisation du préfet de police.

Cette autorisation est accordée sur l'avis du Service d'architecture de la préfecture de Police, des inspecteurs des établissements classés et du Conseil d'hygiène publique et de salubrité.

La Législation des établissements classés de la première catégorie est résumée dans le tableau synoptique ci-après :

Les autorisations doivent être accordées.	Pour la 1 ^{re} classe, par le préfet du département (décret de décentralisation du 25 mars 1852). Dans le département de la Seine, le Préfet de police statue sur les 3 classes (ordonnance royale du 14 janvier 1815, art. 4).
Formalités à remplir.	1 ^{re} classe. — 1° L'affichage dans un rayon de 5 kilomètres (décret de 1810) pendant un délai d'un mois (décision du ministre de l'Intérieur du 4 mars 1815). 2° Enquête de <i>commodo et incommodo</i> . Cette enquête, qui était prescrite par le décret de 1810, pour les établissements de 2 ^e classe seulement, l'a été également pour ceux de 1 ^{re} classe, par l'ordonnance royale de 1815. 3° Avis du Conseil de préfecture, s'il s'est produit des oppositions pendant l'enquête.
Recours contre l'arrêté pris par l'administration.	1 ^{re} et 2 ^e classes. — Le <i>postulant</i> doit porter son recours devant le Conseil d'État. Il ne lui est accordé, pour remplir cette formalité, qu'un délai de 3 mois, conformément à l'art. 11 du décret du 22 juillet 1806, portant règlement sur les affaires contentieuses portées au Conseil d'État. Le tiers porte son recours devant le Conseil de préfecture.

En cas de cessation du travail pendant six mois, une autorisation nouvelle est nécessaire (décret du 15 octobre 1810, article 13).

L'arrêté d'autorisation indique toutes les conditions qui doivent être exécutées par les industriels, dans l'intérêt de la sécurité ou de la salubrité publiques.

Pour surveiller la stricte exécution des prescriptions imposées, la préfecture de Police a institué, en 1863, un service spécial d'inspection. Ce service, qui se recrute par le concours, se compose d'un inspecteur principal, chef du service, et d'un certain nombre d'inspecteurs.

Le nombre des établissements dangereux insalubres ou incommodes autorisés dans le ressort de la préfecture de Police s'élève à plus de cinq mille.

Dans ce nombre, pour la première catégorie, figurent notamment : un dépôt de fumier à Ivry-sur-Seine et cinq dépôts de gadoue indiqués page 23.

ANNEXE N° 5.

Devis et cahier des charges de l'entreprise pour l'enlèvement des boues, ordures ménagères et résidus du balayage dans Paris (II^e et III^e arrondissements exceptés) (1) du 16 juillet 1899 au 15 juillet 1901.

CHAPITRE PREMIER. — OBJET DE L'ENTREPRISE.

ARTICLE PREMIER. — *Objet de l'entreprise.* — L'entreprise a pour objet :

1^o L'enlèvement journalier, sur la voie publique, de tous les produits, sans exception, y compris les feuilles mortes provenant du balayage exécuté sur les chaussées, trottoirs ou contre-allées de toutes les voies classées ou non classées de la Ville de Paris existant actuellement ou à ouvrir pendant la durée du marché;

2^o L'enlèvement journalier, au seuil des maisons, sur la voie publique ainsi que sur les voies privées ouvertes à la circulation et accessibles aux tombereaux, qui seront désignées par l'Administration, des matières comprises sous la dénomination d'ordures et indiquées ci-après :

Ordures ménagères, cendres, mâchefers, résidus de ménage déposés par les habitants, coquilles d'huîtres et de moules, tessons, débris de verre et de vaisselle, ainsi que les produits analogues provenant des établissements publics, écoles, casernes, hôpitaux, etc.

Toutefois, l'entrepreneur sera tenu d'enlever également les dépôts d'ordures qui seraient faits par les habitants en contravention à l'arrêté du 7 mars 1884, et même les cadavres de petits animaux domestiques, tels que chiens, chats, volailles, etc., qui seraient trouvés sur la voie publique, dans la durée normale du service quotidien;

3^o L'enlèvement, au besoin, plusieurs fois par jour, des matières provenant des nettoiyages exécutés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des halles et marchés couverts ou découverts, publics ou particuliers, ainsi que des baquets contenant des boyaux, du sang, des poissons gâtés et provenant des mêmes marchés;

4^o L'enlèvement des ordures ménagères provenant, soit des casernes, soit des établissements municipaux, départementaux ou de l'État existant aujourd'hui ou créés pendant la durée du bail : ces établissements devant, bien entendu, se conformer aux ordonnances de police et notamment à l'arrêté du 7 mars 1884.

NOTA. — *L'entrepreneur sera tenu d'assurer, sans supplément de prix, l'enlèvement des ordures de toutes les voies nouvelles et de tous les marchés couverts ou découverts qui pourraient être créés pendant son bail.*

5^o La fourniture des tombereaux attelés, accompagnés de leurs charretiers, à employer en régie, soit pour les enlèvements supplémentaires réservés à l'Administration (art. 29 et 30), soit pour l'enlèvement des marchandises avariées provenant des saisies et abandonnées à la disposition du service de la Voie publique, soit, enfin, pour les enlèvements des neiges et glaces (art. 31).

(1) Pour ces deux arrondissements, les boues ne deviennent pas la propriété des entrepreneurs de l'enlèvement. Conçédées à la Société des engrais complets, les boues doivent être transportées à l'usine de broyage de Saint-Ouen-les-Docks.

ART. 2. — *Enlèvements non comptés dans l'entreprise.* — L'entreprise ne comprend pas l'enlèvement :

1° Des produits de l'ébouage des voies empierrées, non plus que des sables provenant des relevés à bout des chaussées pavées ou des réfections de tranchées d'égout ou de conduites principales d'eau ou de gaz ;

2° Des déblais, gravois, décombres et débris de toute nature provenant, soit de l'exécution de travaux quelconques publics ou particuliers, soit de l'entretien des cours et jardins.

Toutefois, l'entrepreneur sera tenu d'enlever les terres et gravois provenant des déversements sur la voie publique par les tombereaux surchargés, et cela, quelle qu'en soit l'importance et quel que soit l'état des voies parcourues par ces tombereaux.

3° Des résidus, cendres et mâchefers d'usines, ainsi que des déchets de toute nature provenant, soit des fruiteries en gros, soit de l'exercice de commerces ou d'industries quelconques.

Lorsque la quantité des matières prohibées, mélangées ou non avec les ordures ménagères ou les immondices provenant du balayage, ne dépassera pas un demi-mètre cube par itinéraire, l'entrepreneur sera tenu d'en opérer l'enlèvement sans pouvoir réclamer aucune indemnité ni aucun supplément de prix.

ART. 3. — *Matières non dénommées.* — Toutefois les énumérations données aux articles 1 et 2 ne sont nullement limitatives. Le cas échéant, les matières non dénommées dans ces deux articles rentreront par voie d'assimilation dans l'une des deux catégories.

ART. 4. — *Division en lots.* — L'entreprise sera divisée en soixante-douze lots correspondant chacun à un quartier.

Il est stipulé que le lot correspondant au 17^e quartier comporte l'enlèvement des ordures de l'entrepôt Saint-Bernard, et que celui du 47^e quartier comporte de même l'enlèvement des ordures de l'entrepôt de Bercy.

Les voies limites des quartiers seront attribuées à l'un ou à l'autre lot, suivant les indications des tableau et plan ci-annexés.

ART. 5. — *Mode d'adjudication.* — Nul entrepreneur ne pourra être déclaré adjudicataire d'un nombre de lots supérieur au chiffre fixé par la Commission des adjudications.

ART. 6. — *Durée de l'entreprise.* — La durée de l'entreprise sera de deux ans, commençant le 16 juillet 1899 au matin, et finissant le 15 juillet 1901 au soir.

ART. 7. — *Réserves.* — L'Administration se réserve le droit :

1° De concéder à d'autres entrepreneurs ou de faire faire, par les tombereaux des entrepreneurs d'entretien du pavage ou de l'empierrement, l'enlèvement des produits du crottinage, opéré sur la voie publique après l'enlèvement du matin, sans que les entrepreneurs puissent s'en prévaloir pour réclamer aucune modification des prix fixés à forfait ;

2° De faire momentanément l'enlèvement en régie ou à la tâche, sur un ou plusieurs itinéraires, pour des expériences partielles, sans modification du prix du forfait.

CHAPITRE II. — MODE D'EXÉCUTION.

ART. 8. — *Heures de l'enlèvement.* — Le service de l'enlèvement sera divisé en un certain nombre d'itinéraires.

Du 1^{er} avril au 30 septembre, l'enlèvement commencera à 6 heures et demie du matin et devra être terminé à 8 heures et demie du matin, au plus tard.

Du 1^{er} octobre au 31 mars, cet enlèvement commencera à 7 heures du matin et devra être terminé à 9 heures du matin.

Les heures fixées ci-dessus pourront être modifiées par l'Administration si les circonstances l'exigent, notamment à l'occasion des fêtes et cérémonies publiques, sans que l'entrepreneur puisse élever aucune réclamation, lors même que le travail serait exécuté de nuit, pourvu que le même temps lui soit toujours accordé pour faire l'enlèvement.

Lorsque les matières de la catégorie de celles dont l'enlèvement fait l'objet de la première entreprise seront mises en dépôt sur la voie publique postérieurement à l'enlèvement du matin, tel qu'il est fixé ci-dessus, l'entrepreneur sera tenu de procéder à l'enlèvement de ces matières le jour même, si l'Administration l'exige; mais cet enlèvement ne sera pas compris dans le prix à forfait fixé au bordereau. Il sera assuré au moyen des tombereaux supplémentaires dont il est question à l'article 29 ci-après.

ART. 9. — *Cloche adaptée au tombereau.* — Le passage des tombereaux sur chaque itinéraire sera signalé par le son d'une cloche conforme au modèle adopté par l'Administration, fournie par l'entrepreneur et fixée au tombereau par un ressort. Toutefois, cette cloche ne devra sonner que pendant la durée de l'enlèvement quotidien fixée par les paragraphes 2 et 3 de l'article 8 ci-dessus.

ART. 10. — *Service des halles et marchés.* — Dans l'intérieur et aux abords des halles et marchés, l'enlèvement des immondices ou détritiques quelconques aura lieu de la manière et aux heures qui seront fixées spécialement par l'Administration, pour chacun des établissements de cette nature, tant pour le service du matin que pour celui du soir, s'il était reconnu nécessaire par l'Administration d'avoir plusieurs services par jour.

Les baquets contenant des boyaux, du sang, des poissons gâtés, etc., provenant des halles et marchés publics ou particuliers, seront rapportés chaque jour vidés, nettoyés et désinfectés suivant des procédés préalablement approuvés par les ingénieurs de la ville; ceux de ces baquets qui seront confiés par l'Administration à l'entrepreneur seront maintenus, par celui-ci et à ses frais, en bon état constant de réparation.

ART. 11. — *Conditions imposées pour les tombereaux d'enlèvement.* — Pour l'enlèvement, on n'admettra que des tombereaux solides, étanches et constamment maintenus en bon état d'entretien et de propreté.

Ils devront notamment être lavés et désinfectés tous les jours, en tant que l'Administration le jugera utile. Ils seront d'ailleurs peints deux fois chaque année, dans la première quinzaine d'avril et la première quinzaine d'octobre, ou plus souvent si l'Administration le juge nécessaire. Cette peinture sera de la couleur fixée par l'Administration.

Ils seront couverts ou revêtus de bâches tenues propres et régulièrement désinfectées.

ART. 12. — *Mode d'enlèvement. — Tombereaux.* — Indépendamment de la plaque prescrite par les règlements de police, les tombereaux porteront, sur le haut de l'ayon d'avant, une plaque indicative spéciale en tôle émaillée, ayant 0^m,30 de largeur sur 0^m,20 de hauteur; les indications suivantes y seront inscrites en blanc sur fond bleu :

VILLE DE PARIS

SERVICE MUNICIPAL

1^{re} Section.

LOT D'ENLÈVEMENT

ART. 13. — *Limitation du chargement.* — Quel que soit le modèle du tombereau, le chargement ne devra jamais dépasser les hausses, de façon qu'aucune matière ne puisse se répandre sur la voie publique. Les hausses ne devront jamais être relevées de manière à laisser un vide entre leur bord inférieur et les ridelles du tombereau.

ART. 14. — Les chevaux seront forts, proprement harnachés et bien soignés.

L'Administration se réserve d'exiger, pour les tombereaux, les modifications qui lui paraîtraient propres à en faciliter le chargement.

Ces modifications seraient exécutées, le cas échéant, aux frais de l'entrepreneur.

ART. 15. — *Ouvriers et charretiers.* — Les charretiers seront valides, âgés de plus de vingt ans et convenablement vêtus.

Tout ouvrier ou charretier en état d'ivresse, inconvenant, ou qui n'obtempérerait pas aux ordres donnés par les agents de l'Administration, sera immédiatement renvoyé, et, au besoin, son exclusion définitive du service pourra être prononcée.

ART. 16. — *Enlèvement complet.* — L'enlèvement des tas formés sur la voie publique sera toujours fait d'une manière bien complète, et l'emplacement de ces tas parfaitement nettoyé.

Il est expressément défendu à l'adjudicataire de laisser jeter par ses ouvriers quoi que ce soit dans les bouches ou regards d'égouts, non plus que dans les terrains vagues, clos ou non clos, bordant la voie publique.

Il est également défendu de repousser dans les ruisseaux tout ou partie des immondices disposées pour l'enlèvement.

ART. 17. — *Ouvriers pelleurs et retrousseurs.* — Les charretiers desservant les tombereaux opéreront le chargement de leurs tombereaux avec l'aide des ouvriers, hommes ou femmes, fournis et payés par l'Administration.

Ils devront également prêter la main au maniement et à la vidange des récipients d'ordures provenant des habitations. Il leur est formellement défendu de vider ces récipients les uns dans les autres ou sur le sol de la voie publique, sous peine de retenue.

Ces récipients seront soigneusement débarrassés de tout leur contenu et remis en place avec tout le soin nécessaire pour en éviter la détérioration.

Les récipients détériorés par le fait des charretiers ou des ouvriers qui leur sont adjoints seront réparés d'office aux frais de l'entrepreneur.

ART. 18. — *Ouvriers fournis par l'Administration.* — Le nombre des ouvriers et ouvrières fournis par l'Administration ne pourra être supérieur à trois pour chaque itinéraire. En temps de neige et glace, l'Administration ne fournira qu'un seul ouvrier par itinéraire; dans ce cas, il sera accordé une heure supplémentaire pour l'enlèvement.

Ces ouvriers seront pris dans le personnel des ateliers du service; ils seront à la disposition de l'entreprise et lui viendront en aide pendant tout le temps que durera l'enlèvement; ils seront considérés comme les propres ouvriers de l'entrepreneur; en conséquence, ce dernier demeurera responsable de leur travail, des infractions qu'ils

pourraient commettre et des accidents qui pourraient provenir de leur fait ou leur arriver à propos du service, comme s'ils étaient ses propres ouvriers. Les frais à payer ainsi par l'entrepreneur pour maladies ou accidents seront établis conformément aux règlements (intervenues ou à intervenir) applicables aux ouvriers de la Ville.

Le changement des ouvriers sera prononcé par l'ingénieur de la section, sur toute demande reconnue fondée de la part de l'adjudicataire et notamment au cas où une amende aurait été encourue par le fait de ces ouvriers. Dans le cas où une demande de changement n'aurait pas été accueillie, l'adjudicataire ne pourra se prévaloir en aucun cas du refus qui lui aurait été opposé, soit pour réclamer une indemnité, soit pour décliner la responsabilité qui lui incombe en vertu du paragraphe 2 du présent article.

Le débardage des matières s'effectuera d'ailleurs aux frais de l'Administration.

Il en sera de même pour les voies reconnues non accessibles aux tombereaux.

ART. 19. — *Fourniture d'outils.* — Les tombereaux de l'entreprise seront toujours munis de pelles et autres outils nécessaires pour leur chargement.

Les balais seuls seront fournis par la Ville.

Les outils fournis par l'entrepreneur devront être toujours en bon état.

ART. 20. — *Itinéraires à suivre.* — Les itinéraires seront arrêtés au 15 décembre de chaque année; quinze jours avant cette époque, l'entrepreneur soumettra à chaque ingénieur le tableau des itinéraires de sa section pour l'année qui doit suivre. Ces états seront rendus exécutoires par l'approbation du Directeur administratif des travaux de Paris; et aucun changement ne pourra y être apporté sans autorisation nouvelle, sollicitée au moins quinze jours à l'avance.

Toutefois, en cas de surcharge, ou en cas de manque d'un ou plusieurs attelages par suite d'accident, l'entrepreneur aura la faculté de faire aider les itinéraires surchargés ou de suppléer au manque de tombereaux par les desservants des itinéraires voisins, sous la réserve que le service sera toujours terminé dans le délai réglementaire; il devra, au besoin, employer à ses frais des tombereaux supplémentaires.

Il est interdit à l'entrepreneur, sauf en cas de force majeure par suite d'accident, d'opérer des transbordements d'ordures de tombereau à tombereau sur la voie publique dans l'intérieur de Paris. Il lui est également interdit d'amener des tombereaux déjà chargés en partie avant le commencement de l'enlèvement.

L'Administration se réserve le droit, si les circonstances l'exigent et notamment en cas de fêtes et cérémonies publiques, de modifier les itinéraires par ordre de service, sans que l'entrepreneur puisse élever aucune réclamation.

ART. 21. — *Rues barrées et non accessibles aux voitures.* — Lorsque, par suite de travaux ou pour toute autre cause, la voie publique sera barrée, l'ingénieur réglera la marche des tombereaux et fixera de quelle manière aura lieu l'enlèvement des ordures à provenir des voies barrées.

ART. 22. — *Destination des produits de l'enlèvement.* — Tous les produits contenus dans les récipients déposés par les riverains ou projetés illicitement sur la voie publique appartiendront à l'entrepreneur, qui en tirera tel parti qu'il jugera convenable, soit en les transportant au dehors pour être livrés à l'agriculture, soit en les transformant dans des usines par voie de crémation ou tout autre procédé. Il sera seulement tenu de faire connaître à l'administration, en tant que celle-ci le jugera nécessaire, la destination qu'auront reçue les diverses matières.

L'entrepreneur devra d'ailleurs fournir gratuitement, rendues soit sur wagon

en gare de départ, soit sur tout autre lieu que l'Administration désignerait dans Paris ou à 3 kilomètres au plus des fortifications, les quantités que l'Administration jugerait à propos d'employer pour les domaines agricoles municipaux ou les champs d'expérience des sociétés d'agriculture, ou tous essais industriels.

ART. 23. — *Dépôts.* — Si l'entrepreneur veut établir des dépôts hors de Paris, il devra se procurer à ses frais, risques et périls, les emplacements nécessaires.

ART. 24. — *Bonne tenue et surveillance des installations dépendant de l'entreprise.* — Les dépôts établis en dehors de Paris, les estacades d'embarquement et les bateaux de transports, les usines destinées à la transformation des produits de l'enlèvement, et en général toutes les installations dépendant de l'entreprise seront, pendant toute la durée du bail, sous la surveillance et le contrôle des ingénieurs ainsi que des inspecteurs de la Navigation en ce qui les concerne et dans la limite de leurs attributions. L'entrepreneur devra, en conséquence, se conformer aux prescriptions des ingénieurs ou des agents délégués en ce qui concerne les mesures à prendre pour assurer la propreté du sol à l'intérieur et aux abords de ces établissements et pour y éviter la production des odeurs gênantes ou des émanations insalubres, sans préjudice de l'application des règlements de police, de navigation, de chemins de fer ou autres existant ou à intervenir.

A titre de renseignement, et sous réserve des modifications qui interviendraient à l'avenir, il est joint au présent cahier des charges un extrait des conditions imposées par la Préfecture de police pour les embarquements d'immondices.

ART. 25. — *Transport par chemins de fer et par eau.* — En cas de transport par chemins de fer des produits de l'enlèvement, l'Administration garantit à l'entrepreneur l'application des tarifs réduits qu'elle pourra obtenir pour elle-même des diverses Compagnies, en vue surtout de faciliter l'utilisation agricole de ces produits dans des contrées plus éloignées. Mais l'entrepreneur aura seul à supporter, à défaut des compagnies, les frais d'établissement et d'entretien des embarcadères particuliers qui seraient ou viendraient à être établis dans les gares de départ et d'arrivée, ainsi que toutes autres dépenses différentes au fonctionnement des transports par voie ferrée.

En cas de transports effectués par voies navigables, les frais de dragages qui pourraient être exigés par le service compétent seront supportés par l'entrepreneur dans la proportion du tonnage embarqué par lui.

ART. 26. — *Enlèvements illicites.* — L'entrepreneur aura toujours le droit de poursuivre les auteurs d'enlèvements illicites qui s'opéreraient à son détriment, à l'exception des chiffonniers, dont le droit de recherche et de prélèvement soit dans les réipients avant le passage des tombereaux, soit dans les tombereaux eux-mêmes lorsqu'ils sont autorisés à y monter pour aider au chargement, demeure expressément réservé. L'Administration lui viendra autant que possible en aide sur la voie publique par la répression des délits, mais sans encourir à cet égard aucune responsabilité.

ART. 27. — *Cas de neiges et glaces.* — Rien n'est changé au service détaillé ci-dessus pendant le temps de neiges ou de glaces, et l'entrepreneur est tenu de procéder à l'enlèvement régulier des ordures ménagères et coquilles d'huîtres comme en temps ordinaire, sauf la réserve prévue à l'art. 18 du présent devis, et sans pouvoir arguer de la difficulté de la circulation.

ART. 28. — *Cultivateurs ou sous-traitants.* — L'entrepreneur aura la faculté de sous-louer tout ou partie des itinéraires à des cultivateurs ou sous-traitants à la condition de faire agréer ces derniers par l'Administration, qui aura le droit d'exercer telles

récusations qu'elle jugera convenable, d'exiger le renvoi de tout cultivateur ou sous-traitant dont l'intervention compromettrait le service, et même de procéder d'office, s'il y a lieu, à son remplacement.

L'adjudicataire demeurera, dans tous les cas, seul responsable de l'exécution de son marché.

ART. 29. — *Tombereaux et attelages supplémentaires.* — L'entrepreneur sera tenu de fournir dans son lot les tombereaux ou les attelages supplémentaires qui lui seront demandés soit en journée pleine, soit en demi-journée du soir seulement, pour les enlèvements à effectuer en régie par les soins et pour le compte de l'Administration, notamment pour les dépôts clandestins, quelle qu'en soit la nature, effectués après le service quotidien, et pour les marchandises avariées saisies dans les halles et marchés, etc.

L'entrepreneur doit assurer à ses frais la décharge des produits transportés par ces tombereaux, les frais de décharge étant compris dans les prix du bordereau.

Le nombre de tombereaux ou d'attelages à fournir pour le service régulier des enlèvements supplémentaires sera fixé mensuellement, par ordres de service, adressés à l'entrepreneur le 25 de chaque mois, au plus tard, pour le mois suivant.

A défaut d'avertissement dans le délai indiqué, le service se continuera de plein droit dans les mêmes conditions.

En dehors du service régulier, ces tombereaux ou attelages pourront être demandés, soit pour le lendemain, soit, en cas d'urgence, pour le jour même.

ART. 30. — *Traction des machines-balayeuses, des tonneaux d'arrosage, etc.* — Les tombereaux et attelages demandés, conformément à l'article ci-dessus, seront à la disposition complète de l'Administration et pourront être employés à toute espèce de transports et, au besoin, à la traction des machines-balayeuses, tonneaux d'arrosage et autres engins employés dans le Service municipal, cela à toute heure de la journée ou de la nuit.

ART. 31. — *Voitures et attelages en cas de neiges et glaces.* — En cas de neiges et glaces, l'entrepreneur sera tenu de fournir à l'Administration les tombereaux et attelages dont elle pourra avoir besoin, en dehors des ressources dont elle disposera en vertu de marchés passés avec d'autres entrepreneurs. Ils seront demandés chaque jour avant six heures du soir pour le lendemain.

ART. 32. — *Accidents ou dommages.* — L'entrepreneur sera responsable des accidents ou dommages provenant du fait de ses ouvriers ou charretiers.

Il sera également responsable vis-à-vis de la Ville des dégradations et avaries qui surviendraient aux tonneaux d'arrosage, aux machines-balayeuses ou à tout autre matériel appartenant à la Ville, pendant tout le temps que ledit matériel lui sera confié, compris les heures de repos des chevaux, et cela quelle que soit la cause desdites dégradations et avaries.

Les frais de réparation, dûment réglés par l'ingénieur, seront déduits du décompte de l'entrepreneur.

ART. 33. — *Durée de la journée et de la demi-journée pour tombereaux et attelages supplémentaires.* — Les tombereaux ou attelages affectés aux enlèvements supplémentaires, ou au service des neiges et glaces, seront fournis aux lieux de rendez-vous fixés par l'Administration. Ils seront toujours employés en journée pleine ou en demi-journée du soir. La journée commencera à 5 heures du matin pour finir à 5 heures du soir en toute saison.

Il sera accordé aux attelages un repos de deux heures. Ce repos sera réglé au gré de l'Administration, sans toutefois que les chevaux puissent jamais avoir à travailler plus de six heures sans désenparer.

Toutes les fois que la durée d'une séance de travail devra atteindre ou dépasser cinq heures, un repos supplémentaire d'un quart d'heure sera accordé aux attelages.

La demi-journée du soir sera réglée suivant la saison, de manière à comprendre cinq heures de travail.

Toute heure faite avant le commencement ou après la fin de la journée pleine sera payée aux prix du bordereau, sans distinction entre les heures de jour et de nuit.

ART. 34. — *Cube des tombereaux.* — Les tombereaux fournis par l'entrepreneur, en exécution des articles 29 et 31, doivent cuber 1^m,25 au moins lorsqu'ils seront attelés d'un seul cheval, 2^m,50 au moins lorsqu'ils seront attelés de deux chevaux, et 3 mètres au moins lorsqu'ils seront attelés de trois chevaux.

Les tombereaux affectés au service régulier des enlèvements supplémentaires porteront un numéro d'ordre et seront pourvus d'une plaque indiquant leur capacité exacte.

ART. 35. — *Contraventions et amendes.* — L'entrepreneur subira, pour toute négligence ou toute infraction régulièrement constatée dans l'exécution du service qui lui est confié, des retenues ou amendes dont l'importance est fixée comme suit :

1^o Pour chaque quart d'heure d'avance ou de retard dans le commencement du service (art. 8 et 10), par itinéraire 1 »

2^o Pour chaque quart d'heure de retard dans l'achèvement et l'enlèvement après un premier quart d'heure de tolérance (art. 8 et 10), par itinéraire. 2 »

NOTA. — *Toute fraction de quart d'heure de retard ou d'avance sera comptée comme un quart d'heure entier.*

3^o Pour déviation d'itinéraire (hors le cas de force majeure, art. 20), par chaque infraction constatée 5 »

4^o Pour enlèvement incomplet, par chaque 50 mètres de longueur de voie (toute fraction moindre étant comptée pour 50 mètres) (art. 16). 0 50

5^o Pour défaut total d'enlèvement, par chaque 50 mètres de longueur de voie (toute fraction moindre étant comptée pour 50 mètres) (art. 16) 2 »

6^o Pour récipients vidés incomplètement ou ailleurs que dans le tombereau (art. 17), par chaque récipient. 0 50

7^o Pour défaut d'enlèvement par un tombereau d'itinéraire spécial aux halles et marchés (art. 10) 10 »

8^o Pour défaut de fourniture, dans le délai fixé, d'un tombereau commandé pour l'enlèvement des marchandises avariées saisies dans les halles et marchés (art. 29). 50 »

9^o Pour projection d'ordures aux égouts ou dans les ruisseaux, ou dépôts sur les terrains avoisinants (art. 16), pour déversements sur la voie publique ou chargement dépassant les hausses (art. 13), pour transbordement de tombereau à tombereau sur la voie publique, ou pour tombereau déjà chargé en partie avant le commencement de l'enlèvement (art. 20), par chaque infraction constatée. 5 »

10^o Pour refus ou défaut d'enlèvement d'ordures mélangées de gravais, résidus et produits d'industrie, etc. (comme il est expliqué au 3^e § de l'art 2), par chaque infraction constatée. 5 »

11° Pour refus ou défaut d'enlèvement d'un récipient contenant des ordures ménagères, des débris de vaisselle, de verre, de poterie, ou de coquilles d'huîtres et de moules (art. 1 ^{er} , § 2), ou d'un tas de détritiques provenant du balayage exécuté sur la voie publique par des ouvriers de l'Administration (art. 1 ^{er} , § 1), par chaque infraction constatée.	5 »
12° Pour défectuosité des tombereaux, défaut d'entretien, défaut de lavage, de peinture ou de désinfection, par tombereau et par jour (art. 11)	2 »
13° Pour chaque baquet ramené sans être nettoyé et désinfecté ou en mauvais état (art. 10).	2 »
14° Pour voiture, cheval ou harnachement non conforme aux prescriptions de l'art. 14, par chaque infraction constatée.	5 »
15° Pour charretier trop jeune, incapable, ivre, inconvenant, insubordonné ou refusant de prêter la main au maniement des monte-charge et des récipients (art. 12 et 15).	3 »
16° Pour tout agent réemployé après son exclusion prononcée (art. 15).	5 »
17° Pour défaut de cloche fixée au tombereau par un ressort, pour toute cloche sonnante en dehors de la durée réglementaire d'enlèvement, pour défaut de fourniture de pelles et outils, pour fourniture d'outils en mauvais état (art. 9 et 19), par chaque infraction constatée.	1 »
18° Pour défaut de l'une ou de l'autre des deux plaques indicatives prescrites à l'art. 12.	1 »
19° Pour défaut de fourniture de tombereaux supplémentaires (art. 29), pour chaque tombereau	10 »
20° Pour retard de fourniture de tombereau affecté aux enlèvements supplémentaires ou au service des neiges et glaces, par chaque quart d'heure de retard (le tombereau pouvant être refusé après une heure de retard total et considéré comme non fourni) (art. 29, 31 et 33).	2 »
21° Pour défaut de fourniture de tombereaux affectés au service des neiges et glaces (art. 31), par chaque tombereau.	10 »
22° Pour chaque récipient détérioré par négligence ou maladresse (indépendamment des frais de réparation ou de remplacement) (art. 17)	2 »
23° Pour défaut de présence de l'entrepreneur ou de son représentant aux rendez-vous journaliers dans les bureaux de l'ingénieur (art. 43).	3 »
24° Pour emploi d'ouvriers étrangers dans une proportion supérieure à un dixième, par chaque ouvrier en plus (art. 45)	10 »
25° Pour inexécution des prescriptions de l'ingénieur, en ce qui concerne soit les renseignements relatifs à la destination reçue par les matières (art. 22), soit la bonne tenue des installations dépendant de l'entreprise (art. 24), chaque infraction.	5 »

Les diverses pénalités prévues au présent article seront appliquées sans qu'il soit besoin d'une mise en demeure préalable et sans préjudice de clauses et conditions générales pouvant entraîner la déchéance de l'adjudicataire.

ART. 36. — *Exécution d'office.* — Indépendamment des retenues ci-dessus, l'Administration pourra procéder au remplacement d'office des hommes, chevaux et tombereaux non fournis ou refusés, ainsi qu'aux enlèvements non effectués, le tout aux frais, risques et périls de l'adjudicataire.

ART. 37. — *Mode de constatation et de liquidation des retenues.* — Les infractions seront constatées par des procès-verbaux réguliers qui seront notifiés dans les vingt-quatre heures à l'entrepreneur.

Ce dernier aura un délai de quarante-huit heures pour présenter ses observations à l'ingénieur de la section ; passé ce délai, aucune réclamation ne sera admise.

En cas de contestation, le Directeur administratif de la Voie publique et des eaux et égouts statuera.

Le montant des amendes encourues sera versé à la Caisse municipale.

CHAPITRE III. — FIXATION DE PRIX. — CONDITIONS GÉNÉRALES ET DISPOSITIONS DIVERSES.

ART. 38. — *Prix à forfait pour le service de l'enlèvement.* — La Ville de Paris payera à forfait à l'adjudicataire de chaque lot pour le service régulier d'enlèvement des boues, immondices, coquilles d'huîtres, etc., tel qu'il a été défini précédemment, la somme annuelle inscrite au bordereau de prix, diminuée du rabais de l'adjudication.

Ce forfait ayant principalement pour base la valeur commerciale des ordures ménagères et n'ayant aucune connexité avec les prix de journée des tombereaux et attelages supplémentaires, il est formellement stipulé que l'entrepreneur ne pourra se prévaloir de l'art. 33 des clauses et conditions générales du 16 février 1892 pour réclamer la résiliation de son marché, quelles que soient les variations des prix.

Les paiements seront faits par douzièmes.

ART. 39. — *Cautionnement.* — Pour la garantie de la bonne exécution de son marché, l'adjudicataire de chaque lot sera tenu de constituer à titre définitif, dans les caisses de la Ville, un cautionnement dont la valeur est fixée par le tableau ci-annexé.

Le cautionnement sera fourni en obligations de la Ville de Paris ou en rentes sur l'État, au cours moyen de la veille du dépôt. Les titres seront au porteur ; l'entrepreneur en touchera les arrérages.

L'ensemble du matériel, consistant en tombereaux, chevaux, harnais, outils, ateliers, écuries, remises, etc. (et du paiement duquel l'entrepreneur devra justifier), sera également affecté, comme il sera dit à l'art. 42, à la garantie de l'entreprise.

ART. 40. — *Clauses résolutoires.* — Dans le cas où l'Administration jugerait que la salubrité et la sécurité publiques se trouveraient compromises soit par l'abandon du service, soit par une extrême négligence dans la manière dont il sera exécuté, le Préfet de la Seine, sur un rapport des ingénieurs, aura le droit d'ordonner, dans les vingt-quatre heures, la mise en régie de l'opération, et les ingénieurs seront autorisés à se mettre en possession immédiatement de tout ou partie du matériel utile de l'entrepreneur, y compris dépôts, ateliers, écuries, remises, chevaux et harnais, bureaux et toutes autres dépendances quelconques de l'exploitation, et de continuer le service aux frais, risques et périls de l'entrepreneur jusqu'à réadjudication sur folle enchère ou résiliation, s'il y a lieu, et suivant la décision de l'Administration.

ART. 41. — *Résiliation de l'entreprise.* — L'entreprise pourrait d'ailleurs être résiliée de plein droit en vertu d'un arrêté de M. le Préfet de la Seine, dans le cas où le montant des amendes encourues pendant un mois atteindrait, pour un même lot, la somme de 250 francs.

ART. 42. — *Reprise du matériel par suite de cessation de l'entreprise.* — Dans ce cas, comme dans celui de l'article précédent, l'entrepreneur ne pourra prétendre à aucune

indemnité en raison de la cessation de son entreprise, et la reprise définitive du matériel sera facultative pour l'Administration. Au cas où cette dernière userait de la faculté qui lui est donnée, la somme à payer de ce chef serait fixée à dire d'expert.

ART. 43. — *Présence de l'entrepreneur.* — L'entrepreneur sera tenu de se faire représenter tous les jours dans les bureaux des ingénieurs de section ou des conducteurs de circonscription, à l'heure qui lui sera fixée par chaque ingénieur.

Il sera tenu, en outre, de faire élection de domicile à Paris, d'y avoir un bureau ouvert de 8 heures du matin à 4 heures du soir, et de s'y faire représenter en cas d'absence.

ART. 44. — *Abonnement au téléphone.* — L'entrepreneur sera tenu d'avoir dans son bureau un téléphone relié au réseau général et permettant aux ingénieurs de transmettre sans retard les ordres urgents.

Il devra avoir en permanence pendant la journée, à proximité de ces appareils, un agent capable de recevoir et de transmettre les ordres.

ART. 45. — *Ouvriers étrangers.* — L'entrepreneur ne pourra employer d'ouvriers étrangers que dans la limite d'un dixième du nombre total de ses ouvriers.

ART. 46. — *Droits de timbre et d'enregistrement.* — Les frais de timbre et d'enregistrement, ainsi que les frais d'adjudication auxquels pourra donner lieu le présent marché, seront à la charge de l'entrepreneur, qui ne pourra être définitivement soldé ou rentrer en possession de son cautionnement, qu'autant qu'il justifiera avoir acquitté les droits dont il s'agit.

ART. 47. — *Secours aux ouvriers blessés. — Conditions du travail.* — Les lois et les règlements municipaux intervenus ou à intervenir concernant les secours à accorder aux ouvriers en cas d'accident, sont essentiellement applicables à la présente entreprise.

Les ouvriers employés par l'entrepreneur profiteront des conditions de durée maxima du travail et de salaires minimum fixés par le Conseil municipal au profit des travailleurs similaires.

ART. 48. — *Retenue au profit des asiles de Vincennes et du Vésinet.* — Il sera prélevé, sur chaque paiement d'acompte ou de solde, une retenue de 1 p. 100 au profit des asiles de Vincennes et du Vésinet, conformément aux prescriptions du décret du 8 mars 1855 et de l'article 2 de l'arrêté préfectoral du 7 juillet 1857.

ART. 49. — *Juridiction. — Compétence.* — La présente convention ayant le caractère d'un marché de travaux publics, les contestations auxquelles elle pourrait donner lieu seront jugées par le Conseil de préfecture.

ART. 50. — *Clauses et conditions générales.* — L'entrepreneur sera, d'ailleurs, soumis aux clauses et conditions générales imposées à tous les entrepreneurs de travaux publics par décision ministérielle du 16 février 1892, en tout ce à quoi il n'est pas spécialement dérogé par le présent cahier des charges.

Dressé et proposé par l'ingénieur soussigné.

Paris, le 16 mars 1899.

Signé : LAURIOL.

Vu et proposé par l'Ingénieur général soussigné, chargé du service technique de la Voie publique et de l'Éclairage.

Paris, le 18 mars 1899.

Signé : BOREUX.

ANNEXE N° 6

ÉVACUATION PAR VOIE D'EAU

Extrait de l'arrêté d'autorisation.

ART. 3. — Pour chaque bateau, et avant le commencement de l'opération, le permissionnaire devra faire prendre le tour de mise à port au bureau de l'inspecteur de la navigation de la localité et retirer un permis de chargement.

ART. 4. — Les bateaux qui transporteront les gadoues, poudrettes... ou fumier devront être soigneusement désinfectés après leur déchargement, et avant d'être ramenés au lieu d'embarquement, au moyen de chlorure de zinc, sulfate de fer ou tout autre réactif efficace.

ART. 5. — Le chargement des matières devra être effectué le plus rapidement possible et dans la proportion d'au moins 700 tonnes par jour, sans que la durée totale puisse excéder quatre jours, quelle que soit la capacité du bateau.

Dans le cas de force majeure, d'épidémie ou de température excessive, ces délais pourront être modifiés.

Dans tous les cas, le délai devra être indiqué sur le permis de chargement par l'inspecteur de la Navigation.

Les chargements seront suspendus pendant les interruptions de la navigation sur la Seine et sur les canaux.

ART. 6. — La place à port habituellement occupée par le permissionnaire pourra être attribuée à d'autres bateaux si les embarquements venaient à être interrompus par le fait du permissionnaire ou du transporteur.

ART. 7. — Les embarquements de matières animales sont formellement interdits.

ART. 8. — Les matières devront être directement versées des voitures qui les auront amenées dans le bateau. Toutes précautions devront être prises par le permissionnaire pour éviter la chute des matières sur le port, dans le canal ou en rivière.

Aucun dépôt, de quelque nature que ce soit, même momentané, ne pourra être fait sur le port, la berge, l'estacade ou l'appontement, lesquels devront être nettoyés convenablement chaque jour.

Les voitures ne pourront séjourner sur le port ou sur l'estacade : elles ne devront y rester que le temps strictement nécessaire à leur déchargement.

A chaque interruption de chargement, la surface des immondices embarquées devra être arrosée avec une solution de désinfectant, de manière à prévenir toute émission d'odeur nauséabonde.

La même opération sera faite après l'achèvement du chargement, et renouvelée pendant le trajet du bateau, autant de fois que ce sera nécessaire, pour éviter toute odeur.

Faute d'emploi de désinfectants suffisamment efficaces, les matières devront être couvertes, pendant les interruptions de chargement et pendant le voyage, d'une bâche qui les soustraira au contact de l'air libre.

ART. 9. — Aucune installation ne pourra être faite sur les ports sans l'autorisation de M. le Préfet de la Seine.

ART. 10. — En cas de dragages reconnus nécessaires sur les emplacements occupés, la dépense causée par ce travail pourra être mise à la charge du permissionnaire, au prorata du tonnage des matières chargées par lui depuis le dragage précédent.

ART. 11. — Les bateaux devront quitter le port aussitôt leur chargement terminé ou à l'expiration des délais accordés aux termes de l'art. 5, et ne pourront plus s'arrêter, sous aucun prétexte, avant d'avoir franchi les limites du département.

Les bateaux ayant à traverser Paris devront avoir franchi les fortifications avant 7 heures du matin, du 15 mars au 14 octobre inclus, et avant 9 heures du matin du 15 octobre au 14 mars inclus.

Le passage par l'écluse de la Monnaie leur est interdit; il sera toléré lorsque la hauteur des eaux en Seine dépassera la cote de 3^m,20 à l'échelle du pont Royal (2 mètres à l'échelle du pont de la Tournelle).

ART. 12. — Au port de Javel, les chargements de gadoues ne pourront s'effectuer que dans la partie aval sur trois longueurs de bateaux au maximum.

Au même port, du 15 mars au 14 octobre inclus, les embarquements et manipulations d'immondices sont interdits, à partir de midi, les dimanches et jours de fête.

ART. 13. — Les permissionnaires et les transporteurs employés par eux sont solidairement responsables, en cas d'inobservation des règlements de la navigation, notamment en ce qui concerne le stationnement, la garde, l'éclairage et la circulation des bateaux, ainsi que l'exécution des conditions ci-dessus imposées; en cas de sinistre, ils sont tenus de faire procéder d'urgence au sauvetage du bateau naufragé et à l'enlèvement des matières tombées en fond d'eau.

BORDEREAU DES PRIX POUR L'ENLÈVEMENT DES BOUES, ORDURES MÉNAGÈRES ET RÉSIDUS
DE BALAYAGE DANS PARIS

1. — Montant annuel du forfait, 1 ^{er} quartier.	14 000 »
2. — — — — — 2 ^e —	85 000 »
3. — — — — — 3 ^e —	26 000 »
4. — — — — — 4 ^e —	20 000 »
5. — — — — — 13 ^e —	33 500 »
6. — — — — — 14 ^e —	37 500 »
7. — — — — — 15 ^e —	21 000 »
8. — — — — — 16 ^e —	13 000 »
9. — — — — — 17 ^e —	20 500 »
10. — — — — — 18 ^e —	26 000 »
11. — — — — — 19 ^e —	27 000 »
12. — — — — — 20 ^e —	21 500 »
13. — — — — — 21 ^e —	20 000 »
14. — — — — — 22 ^e —	26 500 »
15. — — — — — 23 ^e —	32 500 »
16. — — — — — 24 ^e —	11 000 »
17. — — — — — 25 ^e —	27 000 »
18. — — — — — 26 ^e —	15 000 »
19. — — — — — 27 ^e —	15 000 »
20. — — — — — 28 ^e —	23 000 »
21. — — — — — 29 ^e —	25 000 »

22.	—	Montant annuel du forfait, 30 ^e quartier	26 000	»
23.	—	31 ^e —	35 000	»
24.	—	32 ^e —	44 000	»
25.	—	33 ^e —	40 000	»
26.	—	34 ^e —	31 500	»
27.	—	35 ^e —	30 500	»
28.	—	36 ^e —	38 000	»
29.	—	37 ^e —	32 000	»
30.	—	38 ^e —	32 000	»
31.	—	39 ^e —	32 000	»
32.	—	40 ^e —	39 000	»
33.	—	41 ^e —	36 000	»
34.	—	42 ^e —	40 000	»
35.	—	43 ^e —	50 000	»
36.	—	44 ^e —	44 000	»
37.	—	45 ^e —	12 000	»
38.	—	46 ^e —	29 000	»
39.	—	47 ^e —	24 000	»
40.	—	48 ^e —	40 000	»
41.	—	49 ^e —	14 000	»
42.	—	50 ^e —	26 500	»
43.	—	51 ^e —	36 500	»
44.	—	52 ^e —	8 000	»
45.	—	53 ^e —	5 500	»
46.	—	54 ^e —	8 500	»
47.	—	55 ^e —	23 500	»
48.	—	56 ^e —	42 500	»
49.	—	57 ^e —	35 000	»
50.	—	58 ^e —	32 500	»
51.	—	59 ^e —	26 000	»
52.	—	60 ^e —	21 500	»
53.	—	61 ^e —	26 000	»
54.	—	62 ^e —	31 000	»
55.	—	63 ^e —	22 000	»
56.	—	64 ^e —	31 000	»
57.	—	65 ^e —	27 000	»
58.	—	66 ^e —	33 500	»
59.	—	67 ^e —	30 500	»
60.	—	68 ^e —	24 000	»
61.	—	69 ^e —	47 500	»
62.	—	70 ^e —	64 500	»
63.	—	71 ^e —	31 500	»
64.	—	72 ^e —	21 500	»
65.	—	73 ^e —	47 500	»
66.	—	74 ^e —	17 000	»
67.	—	75 ^e —	13 500	»
68.	—	76 ^e —	22 000	»

69.	—	Montant annuel du forfait, 76 ^e quartier.	33 500 »
70.	—	78 ^e —	10 500 »
71.	—	79 ^e —	26 500 »
72.	—	80 ^e —	27 500 »

NOTA. — Tous les prix ci-dessus comprennent les faux frais et le bénéfice de l'entrepreneur, et seront frappés du rabais de l'adjudication.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION.	PRIX de la JOURNÉE.	PRIX de la DEMI-JOURNÉE du soir.	PRIX DE L'HEURE en dehors de la journée.
73	Tombereau à 1 cheval, y compris charretier, pour enlèvements supplémentaires (art. 29 et 30 du devis), ou pour enlèvement de neiges et glaces (art. 31 du devis).	13	6,50	1,65
74	Tombereau à 2 chevaux, y compris charretier, pour enlèvements supplémentaires (art. 29 et 30 du devis), ou pour enlèvement de neiges et glaces (art. 31 du devis).	19	9,50	2,40
75	Tombereau à 3 chevaux, y compris charretier, pour enlèvements supplémentaires (art. 29 et 30 du devis), ou pour enlèvement de neiges et glaces (art. 31 du devis).	25	12,50	3,15
	Cheval harnaché et son conducteur.	11	5,50	1,40
77	Voyage de tombereau à 1 cheval pour enlèvement de marchandises végétales avariées, saisies dans les halles et marchés.			9,0
78	Voyage de tombereau à 1 cheval pour enlèvement de marchandises animales.			13,50
79	Voyage de tombereau à 2 chevaux pour enlèvement de marchandises végétales avariées, saisies dans les halles et marchés.			13,0
80	Voyage de tombereau à 2 chevaux pour enlèvement de marchandises animales.			19,0
81	NOTA. — Si les marchandises avariées sont en faible quantité et peuvent être enlevées par une voiture en service ordinaire comme complément de charge, les prix ci-dessus seront réduits dans la proportion du cube du tombereau au cube des marchandises avariées.			

Dressé par l'ingénieur soussigné.

Paris, le 16 mars 1899.

Signé : LAURIOL.

Vu et proposé par l'inspecteur général soussigné chargé du service technique de la Voie publique et de l'Éclairage.

Paris, le 18 mars 1899.

Signé : BOREUX.

ANNEXE N° 7

BROYAGE DES GADOUES A L'USINE DE SAINT-OUEN-LES-DOCKS

Soumission pour le traitement des gadoues.

Nous soussignés, administrateurs de la Société anonyme des engrais complets, et agissant en cette qualité, faisant élection de domicile à Saint-Ouen-les-Docks, rue Ardouin, nous engageons à recevoir et à traiter les gadoues d'une partie de Paris aux conditions ci-après :

ARTICLE PREMIER. — *Objet et durée de la soumission.* — La présente soumission est consentie pour une durée de douze ans, du 16 juillet 1899 au 15 juillet 1911.

Elle s'applique aux II^e et III^e arrondissements de Paris.

La Ville reste libre, à toute époque, de comprendre ou de ne pas comprendre dans la concession tout ou partie des voies limitant le périmètre concédé.

ART. 2. — *Extension éventuelle de la soumission.* — La Ville se réserve la faculté d'étendre la soumission aux IV^e, IX^e et X^e arrondissements, ou à l'un quelconque ou à deux quelconques d'entre eux, à partir du 16 juillet 1901, au plus tard, à charge de prévenir la Société au moins un an à l'avance, la concession finissant toujours le 16 juillet 1911.

Les dispositions du paragraphe dernier de l'article 1^{er} seront applicables.

ART. 3. — *Engagements respectifs des deux parties.* — Le soumissionnaire s'engage à recevoir dans les usines qui seront indiquées plus bas les gadoues provenant des arrondissements indiqués et telles qu'elles sont définies aux art. 4, 5 et 6. La Ville s'engage à amener aux usines la totalité de ces mêmes gadoues et prend à sa charge les frais de collecte, transport et déchargement. Elle se réserve toutefois la faculté de disposer à son gré d'une partie des ordures ; cette faculté sera limitée chaque jour à 1/10^e des gadoues produites chaque jour dans les arrondissements concédés. Les gadoues, une fois déchargées, seront la propriété du soumissionnaire, qui disposera à son profit des produits du traitement.

ART. 4. — *Matières faisant l'objet de la soumission.* — Sont comprises sous la dénomination de gadoues dans les matières qui font l'objet de la présente soumission :

1^o Les produits du balayage des chaussées, trottoirs et contre-allées des voies classées, y compris les feuilles mortes, la Ville restant libre de jeter en égout tout ou partie de ces produits et de comprendre ou de ne pas comprendre les produits de balayage de tout ou partie des voies non classées ;

2^o Les ordures ménagères, cendres, mâchefers, résidus de ménage déposés par les habitants, coquilles d'huîtres et de moules, tessons, débris de verres et de vaisselle, ainsi que les produits analogues provenant des établissements publics, écoles, casernes, hôpitaux, etc., dépôts d'ordures illicites faits par les habitants, cadavres de petits animaux, chiens, chats, volailles, trouvés sur la voie publique ;

3^o Les matières de toute nature, y compris les débris animaux provenant des halles et marchés.

ART. 5. — *Matières ne faisant pas l'objet de la soumission.* — Ne sont pas compris sous la dénomination de gadoues, dans les matières faisant l'objet de la présente soumission :

1° Les produits de l'ébouage des voies empierrées, le sable provenant des travaux sur chaussées pavées, les déblais, gravois, décombres et débris provenant des travaux publics ou privés et de l'entretien des cours et jardins :

2° Les résidus, cendres et mâchefers d'usines, et, en général, tous les résidus provenant, soit des fruiteries en gros, soit d'un commerce ou d'une industrie quelconque.

Toutefois la Société soumissionnaire pourra être tenue de recevoir les matières spécifiées au présent article jusqu'à concurrence d'un demi-mètre cube dans chaque tombereau.

ART. 6. — *Matières non dénommées.* — Les énumérations données aux art. 4 et 5 ne sont nullement limitatives. Les cas échéant, les matières non dénommées dans ces deux articles rentreront par voie d'assimilation dans l'une des deux catégories.

ART. 7. — *Usines à établir et emplacements.* — La Société soumissionnaire établira à ses frais une ou plusieurs usines pour le traitement des gadoues. Les usines seront au plus à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la partie des fortifications bordant les XVII^e, XVIII^e et XIX^e arrondissements.

La puissance des usines devra être telle que les gadoues d'un même arrondissement soient traitées dans une même usine.

La Société soumissionnaire devra, au plus tard dans un délai d'un mois après que l'approbation du présent marché lui aura été notifiée, faire connaître à la Ville l'emplacement des usines et la répartition des arrondissements. Il ne pourra ensuite être apporté aucun changement.

ART. 8. — *Usines, facilités d'accès, de stationnement et de déchargement, pesage.* — Les usines devront disposer d'emplacements assez grands pour que les tombereaux puissent y stationner.

Les tombereaux ne devront pas avoir à franchir des déclivités de plus de 5 p. 100. Les quais ou fosses de déchargement seront tels que le déchargement puisse se faire en entier au-dessous du sol sur lequel reposeront à ce moment les tombereaux.

Les quais ou fosses auront un développement et des accès suffisants pour qu'aucun tombereau n'ait à attendre plus d'une heure avant déchargement, un délai d'un quart d'heure étant donné pour le déchargement lui-même.

La Société soumissionnaire s'interdit l'exercice du chiffonnage et s'engage à autoriser les chiffonniers à exercer gratuitement leur profession dans ses usines.

Les usines seront obligatoirement ouvertes de six heures du matin en été et de sept heures du matin en hiver, jusqu'à sept heures du soir tous les jours de l'année sans exception. La période d'été ira du 1^{er} mars au 31 octobre et la période d'hiver du 1^{er} novembre au 1^{er} mars.

La Société soumissionnaire pourra, en satisfaisant aux conditions du présent article, présenter un projet de règlement pour la circulation des tombereaux, l'exercice du chiffonnage et le maintien du bon ordre dans ses usines. Ce règlement, une fois approuvé par la Ville, sera obligatoire pour les entrepreneurs chargés du transport des gadoues.

ART. 9. — *Conditions du travail.* — Les ouvriers employés par la Société soumissionnaire profiteront des conditions de durée maxima de travail et de salaires minimum fixés par le Conseil municipal au profit des travailleurs similaires.

ART. 10. — *Propriété des usines, gage de la Ville.* — Les usines à construire par la Société soumissionnaire seront établies sur un terrain lui appartenant ou loué par elle. Dans ce dernier cas, le bail devra être établi d'une façon ferme pour une période s'étendant jusqu'au 15 juillet 1911.

La Société soumissionnaire pourra toutefois utiliser l'emplacement où se trouve l'usine actuelle, située rue Ardouin, à Saint-Ouen-les-Docks, et dépendant du chemin de fer du Nord. Au cas où elle serait évincée de cet emplacement, la Société soumissionnaire s'engage à établir d'autres usines ou à agrandir les usines existantes en satisfaisant aux prescriptions des articles 7 et 8, le tout sans interrompre les travaux de broyage.

En cas d'arrêt dans la marche du service, sauf le cas de force majeure, la Ville pourra en assurer la continuation par une mise en régie, comprenant la mise sous séquestre des usines et de leur outillage, qui durera jusqu'à ce que la Société soumissionnaire ait justifié qu'elle est en mesure de reprendre l'exploitation, sauf le droit pour le Préfet de la Seine de prononcer la résiliation de l'entreprise si cette justification n'est pas fournie dans le délai de six mois.

ART. 11. — *Procédé de traitement des gadoues.* — Les gadoues seront traitées par un procédé spécial consistant en triage, broyage et mise sur wagon, tombereau ou bateau.

Les gadoues déchargées dans une journée devront être broyées et quitter l'usine au plus tard le lendemain à midi.

ART. 12. — *Ouvriers étrangers.* — La Société soumissionnaire ne pourra employer d'ouvriers étrangers dans une proportion de plus de 10 p. 100.

ART. 13. — *Domicile et abonnements au téléphone.* — La Société soumissionnaire fera élection de domicile à Paris et aura un bureau où elle devra se faire représenter tous les jours de huit heures du matin à quatre heures du soir.

La Société aura également un représentant dans l'usine pendant la période où celle-ci est obligatoirement ouverte.

Le bureau de ville sera desservi par un abonnement au téléphone.

Les usines seront abonnées au téléphone et devront pouvoir être appelées sans frais par les abonnés de Paris.

ART. 14. — *La Ville n'est pas responsable de ses entrepreneurs.* — La Ville fera connaître à la Société soumissionnaire les entrepreneurs chargés de l'enlèvement et du transport des ordures; mais elle décline toute responsabilité: pour le cas où malgré tous les ordres donnés les entrepreneurs transporteraient aux usines des matières que le soumissionnaire n'est pas tenu de recevoir; pour le cas où ils ne transporteraient pas la totalité des matières dont le soumissionnaire peut exiger l'apport à ses usines; pour le cas où les charretiers causeraient du désordre ou de l'encombrement dans les usines.

Dans ces cas-là et autres analogues, la Société soumissionnaire aura recours contre les entrepreneurs seuls.

La Ville s'engage à imposer aux entrepreneurs du transport des gadoues l'observation du règlement à intervenir en vertu de l'article 8, à leur imposer les obligations qu'elle-même contracte vis-à-vis de la Société soumissionnaire par le présent traité, et la responsabilité directe vis-à-vis les mêmes soumissionnaires au cas où ils lui porteraient préjudice par inexécution des clauses de leur marché. Inversement, la Société soumissionnaire sera directement responsable vis-à-vis des entrepreneurs si elle leur porte préjudice par inexécution des clauses du présent marché.

ART. 15. — *Modifications pouvant survenir pendant la durée de la soumission.* — Sauf les stipulations des articles 4, 5, 6 et 14 ci-dessus, la Ville ne prend aucun engagement relativement à la quantité et à la nature des gadoues, au nombre des tombereaux qui

pourront être employés, aux voies qui pourraient être ouvertes, supprimées, classées ou déclassées, dans le secteur faisant l'objet de la soumission.

Quelque modification qu'il survienne, la Société soumissionnaire sera toujours tenue pendant la durée de son marché de recevoir les gadoues provenant des arrondissements indiqués à l'article premier et d'en assurer le traitement.

ART. 16. — *Faculté de traiter des ordures étrangères aux arrondissements concédés.* — Sous réserve d'assurer dans les conditions de la présente soumission le traitement des ordures provenant des arrondissements qui lui sont attribués dans Paris, la Société soumissionnaire sera libre de traiter, dans les mêmes usines, des matières d'autre provenance.

ART. 17. — *Non-exécution ou exécution incomplète.* — Au cas où la Société soumissionnaire ne se conformerait pas ou ne se conformerait qu'incomplètement aux clauses de la présente soumission, la Ville assurera le service par tel moyen qu'elle jugera convenable aux frais de la Société soumissionnaire, sans préjudice de l'application des dispositions de l'art. 10.

ART. 18. — *Cautionnement.* — La Société soumissionnaire versera un cautionnement de vingt-cinq mille francs (25 000 francs), en rentes sur l'État français ou obligations de la ville de Paris, calculé d'après le cours moyen de la veille du jour du dépôt.

Les titres seront au porteur.

La Société soumissionnaire en touchera les arrérages.

Si la Ville use de la faculté indiquée à l'art. 2, le cautionnement sera augmenté de douze mille cinq cents francs (12 500 francs) pour chaque arrondissement nouvellement concédé.

ART. 19. — *Redevance à payer par la Ville.* — La présente soumission est contractée moyennant un prix forfaitaire de neuf mille cinq cents francs (9,500 francs) par an et par arrondissement à payer par la Ville à la Société.

ART. 20. — *Délai pour l'approbation de la soumission.* — La Société soumissionnaire ne sera engagée avec la Ville que si l'approbation de la présente soumission lui est notifiée le 15 avril 1899 au plus tard.

ART. 21. — *Frais de timbre et d'enregistrement.* — Les frais de timbre, d'enregistrement et autres auxquels donnera lieu la présente soumission seront à la charge de la Société soumissionnaire.

ART. 22. — *Évaluation du marché.* — A titre de simple renseignement et pour fixer les droits d'enregistrement, le montant du marché est estimé à deux cent vingt-huit mille francs (228 000 francs.)

ART. 23. — *Pénalités.* — La Société soumissionnaire subira une amende de un franc par chaque tombereau obligé d'attendre plus d'une heure, délai fixé par l'art. 8.

ART. 24. — *Mesures d'hygiène.* — En cas d'épidémie, la Société soumissionnaire ne pourra réclamer aucune indemnité pour les mesures d'hygiène qui lui seraient imposées.

Lu et approuvé.

Paris, le 19 mars 1899.

POUR LE CONSEIL D'ADMINISTRATION :

Le Président, administrateur délégué,

A. LACAZETTE.

Un Administrateur,

A. RENAULT.

ANNEXE N° 8

Rapport de la Commission spéciale (1).

NOMINATION ET COMPOSITION DE LA COMMISSION

A la suite d'interpellations adressées à M. le Préfet de la Seine, par divers membres du Conseil municipal de Paris, au sujet des plaintes motivées par le mode de procéder actuellement en usage pour l'enlèvement des ordures ménagères, cette Assemblée, par une délibération en date du 9 novembre 1896, priait M. le Préfet de faire étudier la question, en invitant l'Administration à rechercher un moyen permettant la réduction des dépenses sans porter atteinte aux mesures hygiéniques.

La Ville de Paris a renouvelé, en 1894 et pour une période de cinq années, ses marchés relatifs à l'enlèvement des ordures ménagères. Ces marchés expirent au 15 juillet 1899.

Pour pouvoir en temps utile soumettre à l'approbation du Conseil municipal les mesures à prendre pour modifier, en le perfectionnant, le *modus vivendi* actuel, M. le Préfet de la Seine, par arrêté du 24 août 1897, a chargé une Commission spéciale d'étudier les divers procédés possibles pour débarrasser Paris de ses ordures ménagères.

Cette Commission a pris le nom de « Commission pour l'enlèvement et l'utilisation des ordures ménagères ».

Elle est composée de :

MM. DE SELVES, préfet de la Seine ;

BRUMAN, secrétaire général de la Préfecture de la Seine ;

BARRIER, conseiller général de la Seine ;

COLLARDEAU, conseiller général de la Seine ;

FÉRON, conseiller général de la Seine ;

PIETTRE, conseiller général de la Seine ;

BASSINET, conseiller municipal de Paris ;

BROUSSE, conseiller municipal de Paris ;

LE BRETON, conseiller municipal de Paris ;

BROUARDEL, membre de l'Institut, doyen de la Faculté de médecine de Paris ;

DU MESNIL, membre du Comité consultatif d'hygiène de France ;

MUNTZ, membre de l'Institut ;

TISSERANT, ancien directeur au ministère de l'Agriculture ;

GRANDEAU, inspecteur général des stations agronomiques ;

VINCEY, professeur départemental d'agriculture ;

DE PIETRA SANTA, rédacteur en chef du *Journal d'hygiène* ;

BESANÇON, chef de division à la Préfecture de police ;

HEURTEAU, directeur de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans ;

BARABANT, directeur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est ;

(1) Rapport de M. Le Breton.

MM. SARTIAUX, ingénieur en chef de l'Exploitation des chemins de fer du Nord ;
LE CHATELIER, ingénieur en chef des Mines ;
LE ROUX, directeur des Affaires départementales à la Préfecture de la Seine ;
DEFrance, directeur administratif des Travaux de Paris ;
BOREUX, ingénieur en chef de la Voie publique et de l'Éclairage de Paris ;
BECHMANN, ingénieur en chef de l'Assainissement de Paris ;
LAUNAY, ingénieur en chef attaché au service de l'Assainissement de la Seine ;
PETSCHÉ, ingénieur des Ponts et chaussées ;
LAURIOL, ingénieur du Service municipal ;
ROQUEPLAN, chef du bureau de la Voie publique, secrétaire ;
PARSON, rédacteur au bureau de la Voie publique, secrétaire adjoint.

La Commission s'est réunie le 23 décembre 1897 pour la première fois.

Les 8 et 15 janvier 1898, elle a procédé à la visite des installations d'essai organisées pour la mise en œuvre de divers procédés.

Le 22 du même mois elle a tenu une nouvelle séance pour continuer la discussion et entendre les représentants des syndicats agricoles du département de la Seine et des régions voisines, et désigner son rapporteur.

Le 12 février suivant, elle s'est réunie pour entendre la lecture du rapport.

En dehors du procédé actuel, la Commission n'a cru devoir examiner que les procédés ayant donné au moins des présomptions favorables.

Elle a pensé que son rôle consistait à indiquer les moyens lui paraissant les plus pratiques pour remédier aux inconvénients reprochés à l'état actuel, et qu'elle devait avoir toujours présente à l'esprit la nécessité de rechercher des solutions conciliant les intérêts de l'hygiène publique, de la Ville de Paris et des régions avoisinantes intéressées dans la question.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

L'enlèvement des gadoues a été fait, depuis fort longtemps, par des entrepreneurs et suivant un système peu variable,

La seule modification à noter est celle imposée par l'arrêté préfectoral du 7 mars 1884, par lequel les habitants de chaque immeuble sont tenus de mettre les ordures ménagères dans des récipients de dimensions déterminées.

Le cube de gadoue à enlever annuellement croît d'une façon continue.

De 757 250 mètres cubes en 1876, il s'élève à 1 031 200 mètres cubes en 1896. Ce cube correspond à un poids d'environ 570 000 tonnes.

Le cube mensuel varie de 82 000 à 90 000 mètres cubes, soit 10 p. 100 environ.

Les changements de saison ont donc peu d'influence et l'on peut tabler sur une quantité mensuelle de 86 000 mètres cubes.

La dépense totale d'enlèvement augmente beaucoup plus rapidement que la quantité de gadoue à enlever.

En 1876, la dépense totale de l'enlèvement des gadoues montait à 710 900 francs, soit environ 0 fr. 94 par mètre cube.

En 1896, la dépense s'est élevée à 2 198 100 francs, mettant le prix d'enlèvement du mètre cube à 2 fr. 13.

L'augmentation de la dépense tient donc, non seulement à l'augmentation de la

quantité de la gadoue, mais, pour la plus grande part, à l'augmentation des difficultés qui s'opposent à l'écoulement de la gadoue, soit par suite de l'utilisation de plus en plus grande des engrais minéraux, qui en outre en diminue le prix, soit par suite de l'éloignement progressif des terrains mis en culture.

NATURE DE LA GADOUÉ. — SON UTILISATION

D'après le rapport de M. Müntz en 1886, la gadoue verte, par sa teneur en azote, acide phosphorique, potasse et chaux, aurait une valeur théorique de 9 francs la tonne, comparable à celle du fumier de ferme. Les 570 000 tonnes de production annuelle auraient donc, une fois rendue dans les champs, une valeur de 5 millions de francs, valeur toute théorique. La gadoue n'est utilisée jusqu'ici qu'à l'état brut, après mise en dépôt pour attendre les moments où l'état des cultures en permet l'emploi. La valeur marchande réelle est assez mal connue, les intéressés livrant peu volontiers des renseignements à ce sujet.

M. Vincey (Mémoires de la Société nationale d'agriculture de France en 1896) l'estime à 2 fr. 50 une fois rendue dans les champs. Cette somme représente sensiblement le prix de la collecte et du transport hors Paris. La somme payée actuellement par la Ville, soit environ 3 fr. 70 par tonne, représenterait donc les frais accessoires grevant la gadoue une fois portée hors Paris : transports supplémentaires par voie de terre, de chemin de fer ou d'eau ; frais de dépôt et transport spéciaux qui en résultent.

Ce chiffre paraît bien élevé. Nous devons alors conclure soit à une valeur marchande moindre, soit à un bénéfice très élevé réalisé par les entrepreneurs.

L'odeur et l'aspect désagréables de la gadoue, bien connus de chacun, contribuent à diminuer sa valeur marchande et à en entraver l'emploi.

ORGANISATION ACTUELLE DU SERVICE D'ENLÈVEMENT A PARIS

Les ordures ménagères sont placées dans des boîtes rendues obligatoires par l'arrêté préfectoral du 7 mars 1884 et ces dernières déposées chaque matin sur le trottoir.

Les entrepreneurs spéciaux, au nombre de vingt pour tout Paris, fournissent le tombereaux et attelages nécessaires pour faire l'enlèvement dans chaque rue tous les matins.

La vidange des boîtes dans les tombereaux est faite par les ouvriers de la Ville (en moyenne trois par itinéraire, un homme, une femme et un chiffonnier) aidés du conducteur, que fournit l'entrepreneur.

Le tombereau chargé, l'entrepreneur doit se débarrasser des gadoues à ses risques et périls.

Il y a à Paris 570 itinéraires, desservis généralement par des tombereaux à deux chevaux.

Les tombereaux sont du type ordinaire.

RÉPARTITION DE LA GADOUÉ. — MODES DE TRANSPORT

Sur les 570 000 tonnes de gadoue enlevées annuellement de Paris, il en va approximativement 220 000 tonnes dans le département de la Seine ;

100 000 tonnes seraient emportées par bateau ;

160 000 tonnes empruntent les chemins de fer ;

Environ 90 000 tonnes sont, par des tombereaux, emportées au delà du département de la Seine.

INCONVÉNIENTS DU SYSTÈME ACTUEL

Les inconvénients qui résultent de l'emploi du système actuel sont multiples.

En premier lieu viennent ceux qui se produisent sur la voie publique.

Théoriquement, les ordures ménagères ne devraient jamais être déposées à même le sol; les riverains devraient les placer dans les récipients de dimensions réglementées, les chiffonniers devraient répandre sur des toiles le contenu des boîtes dont ils veulent faire le triage et remettre ensuite la gadoue dans les boîtes.

Pratiquement, les choses ne se passent pas toujours ainsi. Souvent les chiffonniers fouillent à même la boîte, répandant ainsi une certaine quantité de matières tout autour. En outre, les chiens errants, en cherchant dans les boîtes les détritiques bons à manger, renversent et éparpillent les ordures. Les tombereaux ramasseurs du contenu des boîtes sont, ainsi qu'il a été dit précédemment, d'un modèle courant. Ils nécessitent l'élévation des récipients à une hauteur de deux mètres environ, manœuvre qui ne se fait pas sans occasionner la chute de détritiques sur la voie publique. Souvent surchargés, les cahots et la trépidation occasionnent un certain nombre de déversements pendant le trajet. Non couverts, l'aspect des tombereaux est désagréable.

En second lieu, le transport *extra muros* offre une série de gros inconvénients.

Le chargement dans les gares ou sur les bords de la Seine soulève les protestations des voisins des points de chargement. Ils se plaignent à juste titre des odeurs dégagées lorsque, comme au quai de Javel surtout, les chargements étant faits par grandes quantités, il y a agglomération considérable des gadoues.

Aux points d'arrivée, les autorités municipales, dans maints endroits, mettent le plus d'entraves possible au déchargement des gadoues et à leur transport aux lieux d'utilisation. Une réglementation excessive rend onéreux et difficile leur emploi par les cultivateurs.

Certains maires ont même pris des arrêtés interdisant complètement le transport des gadoues sur le territoire de leur commune. A cet égard, les droits des maires ne sont pas illimités et nous avons la conviction qu'ils ont outrepassé leurs pouvoirs; aussi ne citons-nous ces faits que pour montrer combien vives sont les oppositions dues aux odeurs dégagées par le déchargement et le transport des ordures ménagères à leur point d'arrivée.

Enfin, l'augmentation des dépenses du service d'enlèvement est inquiétante pour les finances municipales.

Les dernières adjudications ont donné un résultat tel que, alors que la quantité des matières à enlever n'augmentait que très peu dans la période comprise entre 1893 et 1896, passant de 1 011 000 mètres cubes en 1893 à 1 031 200 mètres cubes en 1896, le chiffre des dépenses s'élevait de 1 885 900 francs en 1893 à 2 198 400 francs en 1896.

EMPLOI DIRECT PAR L'AGRICULTURE

Les lots d'entreprise correspondent actuellement chacun à un arrondissement, soit en moyenne à vingt-huit itinéraires.

Ces lots sont trop considérables pour être soumissionnés directement par des cultivateurs de la banlieue immédiate.

Ils sont soumissionnés par des entrepreneurs en petit nombre, qui se sont fait une spécialité de ce genre de commerce et en sous-traitent une partie, soit aux petits cultivateurs de la banlieue qui prennent un ou plusieurs itinéraires, soit à des entrepreneurs de moindre importance, soit, pour convenances personnelles, aux entrepreneurs titulaires d'autres lots.

Environ la moitié de Paris est ainsi sous-traitée; on peut compter que le tiers du nombre total des itinéraires va ainsi aux petits sous-traitants. Les arrondissements où la proportion des sous-traités est la plus grande sont les 1^{er}, II^e, III^e, VI^e, XVII^e, XVIII^e et XIX^e. Ceux où elle est la moindre sont les XII^e, XIII^e, XIV^e et XV^e. La gadoue est, en effet, peu employée dans la partie sud du département de la Seine.

Dans sa séance du 22 janvier 1898, la Commission a entendu des délégués, mandataires de cinquante-six syndicats agricoles de Seine et Seine-et-Oise.

Cette délégation, composée de neuf membres, se divisait en trois groupes :

1^o Les délégués des syndicats dont les membres font directement la collecte des gadoues dans Paris;

2^o Les délégués des syndicats dont les membres reçoivent par tombereaux les gadoues qu'ils achètent aux entrepreneurs;

3^o Les délégués des syndicats dont les membres reçoivent par wagons les gadoues qu'ils achètent aux entrepreneurs.

Les délégués ont été unanimes pour protester contre tout projet d'incinération de la gadoue en demandant qu'on continue à la leur réserver à l'état naturel, sous lequel elle est particulièrement utile à leurs cultures.

D'après leurs dires devant la Commission, les sous-traités seraient fort onéreux pour les sous-traitants; ces derniers ne recevraient de l'entrepreneur principal qu'une somme de 5 francs environ par itinéraire, tandis que la Ville paye environ 10 francs.

Les agriculteurs estiment que si les lots étaient moins importants, ne comprenant par exemple qu'un quartier au lieu d'un arrondissement, ils seraient plus facilement accessibles aux consommateurs de gadoues pour le plus grand profit de ces derniers et de la Ville.

D'accord avec M. Vincey, ils estiment pouvoir absorber dans le département de la Seine environ un tiers de la gadoue produite.

Ils disent également pouvoir l'incorporer au jour le jour sans faire de dépôts. Cette assertion ne semble pas complètement exacte; les cultures de la banlieue immédiate ne peuvent guère absorber au jour le jour que deux cinquièmes de la quantité annuelle employée par la même région. Les trois cinquièmes restants seraient absorbés aux deux périodes de printemps et d'automne; mais, en raison du peu d'importance des quantités de gadoue prises par chaque cultivateur, les dépôts ainsi nécessités seraient eux-mêmes de peu d'importance et pourraient être enfouis ou recouverts.

Les petits entrepreneurs amèneront donc, non la suppression, mais la division des dépôts et leur diminution, ce qui n'est pas un résultat négligeable.

Ils pourraient aussi s'entendre avec les gros entrepreneurs pour des échanges; prendre plus de gadoue au moment des emplois et en céder en dehors de ces périodes; les dépôts seraient ainsi diminués près de Paris et augmentés au loin, là où les inconvénients sont moindres et peuvent être atténués par les divers procédés examinés plus loin.

D'après l'état des sous-traitants, il y en aurait fort peu qui sous-traitent pour une quantité équivalente à un quartier de Paris. D'autre part, on ne peut émietter outre mesure le lotissement. Si une partie était fractionnée par quartiers au lieu de l'être par arrondissements, on n'arriverait donc pas à atteindre le consommateur lui-même, mais on s'en rapprocherait beaucoup, et on pourrait n'avoir plus comme intermédiaire qu'une simple association de quelques consommateurs.

Il y a certainement là une tentative intéressante à faire.

L'exploitation par les intéressés eux-mêmes pourra étouffer ce qu'il y a d'exagéré dans les plaintes. Il sera, d'ailleurs, à propos d'obliger les agriculteurs à couvrir de terre les dépôts de gadoue qui ne seraient pas à bref délai incorporés au sol.

On conserverait ainsi à l'agriculture tout l'humus contenu dans la gadoue, ce qui, d'après les études de M. Vincey, est indispensable aux sols parisiens qui, s'ils sont riches en potasse et en acide phosphorique, ne le sont pas en azote et en humus que les engrais minéraux ne peuvent leur apporter.

Si l'on s'en tient au dire des agriculteurs devant la Commission, la mesure serait des plus avantageuses pour la Ville; ils parlaient de prix moitié moindres que ceux payés aux entrepreneurs actuels. Une baisse de 50 p. 100 applicable au tiers du total donnerait une baisse de 17 p. 100 sur l'ensemble. Mais il n'y a peut-être pas lieu de trop escompter ces conversations; il y a loin entre une simple conversation et des marchés en règle passés avec des contractants sûrs et solvables.

BROYAGE

MM. Tenin et Pioger ont cherché à conserver aux agriculteurs tous les avantages qu'offre la gadoue verte tout en supprimant ses inconvénients.

La Commission s'est transportée à leur usine de Saint-Ouen-les-Docks pour y examiner leur procédé.

Après un premier triage sur des transporteurs, triage qui permet de retirer tous les gros débris de vaisselle : verre, fer-blanc, et tous objets durs et volumineux, la gadoue est déchiquetée dans des broyeurs et prend la consistance de terreau moyennement gros. Au sortir des broyeurs, la gadoue est mécaniquement envoyée dans le wagon qui doit l'enlever.

Le broyage par lui-même ne dégage aucune odeur.

La fermentation du produit broyé diffère quelque peu de celle qui se produit avec la gadoue naturelle; l'odeur en est différente et moins désagréable. La Commission n'a pu, en hiver, faire des constatations nettes, mais des observations faites en été par le service technique de la Voie publique corroborent sur ce point le dire des inventeurs. *Au déchargement*, toutefois, l'odeur reste la même.

La matière broyée peut se tasser davantage dans les wagons; les dégagements d'odeur pendant le transport peuvent être entièrement supprimés par un poudrage au plâtre ou par une adjonction de tourbe.

Au point de vue agricole, ce mode de traitement offre un avantage considérable sur l'état de choses actuel. Le chargement de la gadoue est plus facile, le transport se fait à quantités égales sous un plus petit volume. Le triage et le broyage suppriment le triage par les cultivateurs et l'amoncellement des débris dans les champs; l'épandage en est plus facile et son assimilation au sol est plus grande et plus régulière.

Au point de vue de l'hygiène et du bien-être, il constitue un notable perfectionnement.

Comme tous les procédés que nous aurons à étudier, il présente un inconvénient : le passage et la réunion d'un grand nombre de tombereaux aux abords de l'usine à l'heure du déchargement. C'est là un inconvénient inévitable, inséparable de tous les procédés autres que le transport direct aux champs par les voitures mêmes qui font la collecte.

Au point de vue financier, les résultats possibles sont encore douteux. Au début, les promoteurs annonçaient une redevance à payer par eux à la Ville, calculée à raison de 0 fr. 25 par tonne de gadoue amenée à leur usine; à mesure que les pourparlers ont serré la question de plus près, les exigences sont devenues plus grandes, et, en ce moment, ils ne font aucune proposition ferme méritant examen.

TRAITEMENT PAR LA VAPEUR

La Commission a visité dans l'usine de M. Le Blanc, rue du Rendez-vous, 52, une installation de fortune établie à titre d'expérience pour le traitement des gadoues par la vapeur.

Le système employé est le système américain Arnold.

Dans un établissement définitif l'installation serait la suivante, d'après les dires de M. Le Blanc.

La gadoue, versée dans des chambres isolées, serait triée et amenée par des toiles sans fin dans des cylindres horizontaux mobiles autour de leur axe, où elle serait soumise à de la vapeur à la température de 145°; tombant mécaniquement sous des presses, elle serait ensuite entraînée par d'autres toiles sans fin sur lesquelles, sans contact avec l'atmosphère, elle serait complètement séchée, passerait dans des moulins broyeurs la réduisant en poudre grossière et ensachée.

Le liquide produit serait mis dans des récipients et vendu.

La Commission a pu constater, par l'expérience faite devant elle, que l'opération proprement dite ne donnait pas d'odeur appréciable. Tout au plus si, au moment de l'ouverture du digesteur, on sent une légère odeur d'eau chaude chargée de graisses. Le résidu solide, en sortant, n'a pas d'odeur sensible.

L'opération donne donc deux produits : l'un sous forme de poudre, l'autre sous forme de liquide.

Le premier, pulvérulent, presque inodore, conserve une valeur fertilisante qu'il doit à l'azote, à l'acide phosphorique et à la potasse qu'il renferme. D'après le dire de M. Le Blanc, cette poudre mise en sac et tenue à l'abri de l'humidité reste inaltérable, sans odeur, et peut, sans entrer en décomposition, se garder indéfiniment en magasin.

Le second produit, liquide, se rapproche assez sensiblement du purin; une partie de l'azote et presque toute la potasse s'y sont concentrées. Il peut avoir également une certaine action fertilisante.

Au point de vue agricole, le procédé ne présente donc aucun inconvénient à condition que le liquide soit employé.

Au point de vue de l'hygiène, il paraît acceptable.

Financièrement, les données sont très incertaines. Les offres faites par M. Le Blanc

font ressortir le paiement par la Ville d'une somme de 0 fr. 60 par tonne de gadoues livrées à l'usine.

INCINÉRATION

Le Conseil municipal de Paris, dans sa séance du 13 juillet 1894, vota les crédits nécessaires (23 500 francs) pour l'établissement d'un appareil d'essai d'incinération des gadoues et pour son fonctionnement pendant une année.

En exécution de cette délibération, une cellule d'essai fut installée à l'usine municipale de pavage en bois de Javel.

La Commission a visité cet appareil le 15 janvier 1898.

Les gadoues amenées à l'usine sont débarrassées des matières inertes ou utilisables, verres, porcelaines, métaux, etc. Elles sont ensuite élevées par monte-charges, puis projetées sur une sole de dessiccation chauffée par le gaz provenant de la combustion; puis, quand le séchage est suffisant, la matière est attirée sur la grille de combustion au moyen d'une griffe manœuvrée par le chauffeur. Elle est étalée sur la partie déjà en ignition, en une couche d'environ 0^m,15, où on la laisse brûler jusqu'à complète réduction en cendres ou scories que l'on fait alors tomber comme dans le foyer d'un générateur ordinaire.

Cette installation a fonctionné d'une manière continue pendant toute l'année 1895.

Un rapport très détaillé sur son fonctionnement et sur les résultats obtenus a été dressé en 1896 par M. l'ingénieur Petsche, alors chargé de la 3^e section.

De ses conclusions il ressort :

1^o Que la gadoue parisienne est autocomburante, c'est-à-dire qu'elle brûle sans aucune addition de combustible;

2^o Qu'il n'est résulté des essais aucune gêne pour les voisins, même immédiats, qui n'ont jamais senti l'odeur des fumées. Parfois, par certains temps mous et certains vents rabattant vers le sol, on a perçu, à une distance de 600 mètres environ, une odeur « d'herbe brûlée ».

A l'analyse, les fumées accusent en marche normale des quantités de 2 gr. 5 à 6 gr. 5 d'acide carbonique par mètre cube, ce qui indique un excès d'air; on n'a pas trouvé de traces appréciables de vapeurs ammoniacales ni d'oxyde de carbone, et les fumées paraissent inoffensives pour la santé publique. Elles sont claires et peu épaisses; aucun dépôt de parcelles légères entraînées ne s'est produit dans le voisinage.

Au point de vue agricole, la destruction est évidemment très préjudiciable.

Au point de vue hygiénique, le système n'offre aucun inconvénient.

Au point de vue financier, l'expérience faite à Javel est trop restreinte pour donner des prix de revient semblables à ceux que l'on pourrait obtenir dans une installation normale.

On peut cependant admettre un prix de revient de 2 fr. 50 pour la destruction proprement dite de la tonne de gadoue, auquel il faut ajouter le prix de l'enlèvement des matières triées et des résidus (0 fr. 50), plus l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés (1 fr. 20), ce qui met le prix de revient total à 4 fr. 20.

Le criblage préalable comportant la vente des criblures (1 fr. 20 par tonne de gadoues) paraît pouvoir ramener ce chiffre à 3 francs net (1). Mais nous ne pensons

(1) Rapport de M. Petsche (14 mars 1896).

pas qu'il y ait lieu de tenir grand compte de l'abaissement du prix de revient pouvant provenir de cette opération du criblage préalable, qui, au point de vue hygiénique, laisse subsister une partie des inconvénients de la situation actuelle.

D'autre part, la vente des criblures n'est pas sans présenter certains aléas.

Il est cependant vraisemblable que le prix de revient pourrait être amoindri. La grosse dépense consiste en main-d'œuvre qui pourrait être diminuée par des procédés mécaniques ; mais nous ne devons parler que des résultats actuellement acquis.

INCINÉRATION AVEC DISTILLATION PARTIELLE

Des essais d'incinération de la gadoue après distillation partielle ont été tentés dans une usine de Colombes par M. Hélouis. La Commission n'a pu se rendre compte *de visu* de la manière de faire, par suite du démontage du four qui a servi à ces essais.

Le procédé employé était le suivant :

Les gadoues sont criblées, les parties fines sont desséchées à 150° de façon à être stérilisées tout en gardant cependant leur valeur comme engrais.

Les parties grosses sont chauffées à 500° pour distiller l'ammoniaque qui est recueillie dans l'acide sulfurique.

Après distillation, les gadoues grosses, qui viennent d'être soumises à cette opération, sont brûlées et servent ainsi à produire toute la chaleur nécessaire aux opérations mentionnées plus haut.

Les derniers essais faits en 1895 ont été suivis par le service municipal.

Le procédé, repris et présenté au dernier moment par M. de Bonardi, est acceptable pour l'agriculture, bien qu'il y ait destruction d'une partie de l'humus.

Il semble devoir offrir toutes garanties au point de vue de l'hygiène.

Les conséquences financières n'ont pu être suffisamment appréciées ; toutefois, il convient de dire que M. de Bonardi paraîtrait disposé à présenter à la Ville une proposition entraînant une dépense de 0 fr. 50 par tonne amenée à l'usine.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La Commission a, en premier lieu, examiné les améliorations à apporter à la collecte et au transport dans les rues.

Elle émet, à cet égard, les vœux suivants :

1° Surveillance plus active des chiffonniers qui opèrent le triage des ordures ménagères dans les boîtes, et répression des petits abus commis en chaque point et à chaque instant, et même, s'il était possible, suppression totale du chiffonnage dans les rues ;

2° Mesures plus sérieuses contre les chiens errants ;

3° Adoption de mesures empêchant toute chute de matières pendant le trajet des tombereaux.

Dans sa séance du 22 janvier 1898, la Commission a adopté la résolution suivante :

La Commission émet le vœu que l'on réserve, autant que possible, les gadoues pour l'utilisation agricole, quel que soit le mode de traitement employé (1).

(1) Proposition de M. Le Breton.

Dans ce but :

1° Elle demande qu'il soit établi un nouveau sectionnement des lots soumis à l'adjudication, de manière à permettre aux agriculteurs de soumissionner directement une partie des lots (1) ;

2° Pour faciliter les transports à distance, la Commission émet le vœu que les prix de revient pour les agriculteurs soient abaissés et que, d'autre part, il soit établi des prix communs réduits permettant le transit sur les lignes de Compagnies différentes.

La Commission estime enfin et surtout que les divers procédés de traitement des ordures ménagères qu'elle a examinés, quelque incomplète que soit encore l'expérience à ce sujet, paraissent acceptables au point de vue de l'hygiène.

Le procédé de destruction des ordures ménagères par la combustion est le seul dont le coût puisse être assez bien connu. Il donne donc la limite maxima du prix que la Ville peut être exposée à payer.

Les autres procédés sont applicables en eux-mêmes et paraissent devoir donner de bons résultats ; leurs prix de revient pour la Ville peuvent être considérés comme ne devant pas différer sensiblement.

Dans ces conditions, il conviendrait de n'adopter aucun d'eux exclusivement, mais de les mettre en pratique concurremment.

Le Rapporteur,

E. LE BRETON.

Paris, le 9 février 1898.

(1) Proposition de M. Vincey.

Assainissement général de Paris en 1895.

(Extrait de « la Digestion de Paris », par Paul Vincey.)

Évacuation totale.

QUANTITES				ENCHETRA.	AZOTE		ACIDE PHOSPHORIQUE		POTASSE		OBSERVATIONS.
JOURNALEIERS		ANNUELLES			A L'CENTRE.	PAR AN AU TOTAL.	A L'CENTRE.	PAR AN AU TOTAL.	A L'CENTRE.	PAR AN AU TOTAL.	
par tête	pour tout Paris.	par tête	pour tout Paris.								
d'habitant litres.	m. c.	d'habitant m. c.	m. c.	au m. c. kil.	kil.	au m. c. kil.	kil.	au m. c. kil.	kil.	au m. c. kil.	kil.
214	524 441	78,410	191 420 898,0	Eaux d'égout.	0,069	13 174 479,18	0,018	3 443 376,16	0,031	5 934 047,84	
1,446	3 537,74	0,528	1 292 599,0	Vidanges . . .	3,080	3 981 204,92	0,350	4 524 409,50	0,150	193 889,80	
1,137	2 783,327	0,413	1 017 207,0	Gradoues. . .	3,800 par 1000 k.	2 166 129,30	3,100	1 767 405,40	2,400 par 1000 k.	1 197 071,40	à 560 k. le m. c. soit 570 054 tonnes.
d'animal kil.	tonnes.	d'animal tonnes.	tonnes.								
22	2 351,6 68	8,030	838 438,820	Fumiers. . .	4,564	3 917 631,00	2,922	2 508 471,00	2,234	1 917 321,00	
TOTALX.						23 239 144,30		8 473 382,06		9 242 330,04	

ANNEXE N° 10

ANNÉE 1895. — Transport des gadoues sur les chemins de fer.

GARES		DISTANCES KILOMÉTRIQUES			TONNAGE								PRIX DU TRANSPORT D'UNE TONNE (fr. de gare compris)		
EXPÉDITRICES	DESTINATAIRES	GROUPEMENT	PARCOURUES			ANNUEL				KILOMÉTRIQUE			ENTRÉE LES DEUX GARES	KILOMÉTRIQUE	
			TOTALES	MOYENNES	REELLES	PARTIEL	MOTEN	TOTAL	P. 100	PARTIEL	MOYEN	TOTAL		PARTIEL	MOYEN
													fr.	fr.	fr.
OUEST. — 3 gares expeditrices. — 56 gares destinataires.															
Batignolles.	La Garenne-Bezons.	de 0 à 10	21	7,0	6	7,2				43,2			0,70	0,116	
Id.	Argenteuil-Transit.				8	2159,4				17235,2			0,80	0,100	0,105
Grenelle.	Sèvres-Saint-Cloud.				7	9,2				64,4			0,70	0,100	
Batignolles.	Sèvres-Saint-Cloud.				14	8,0				11,2			1,10	0,078	
Id.	Vaucresson.				18	46,5				8370,0			1,30	0,072	
Id.	Houilles.				11	111,9				1263,9			0,95	0,086	
Id.	Achères.	de 10 à 20	130	16,2	19	63,0		1943,4	15347,5	17,55		33 158,6	1,35	0,071	0,075
Id.	Cormeilles.				15	2437,8				36867,0		281 268,7	1,15	0,076	
Id.	Herblay.				18	12192,3				234879,4			1,30	0,072	
Grenelle.	Argenteuil.				19	67,8				1288,2			1,35	0,071	
Vaugirard.	Versailles-Matelots.				16	296,2				47392,0			1,20	0,075	
Batignolles.	Louveciennes.				22	17,0				374,0			1,50	0,068	
Id.	Conflans-Ste-Honorine.				23	2444,5				56223,5			1,55	0,067	
Id.	Andrésy-Chanteloup.				28	1792,5				50218,0			1,75	0,062	
Id.	Conflans-fin-d'Oise.				24	201,3				1903,2			1,60	0,066	
Id.	Eragry-Neuville.				26	3677,2				80808,4			1,70	0,065	
Grenelle.	Bouival.				30	1812,9				54387,0			1,50	0,050	
Id.	Houilles.	de 20 à 30	391	26,0	22	44,2		1117,6	16764,7	18,90		29 688,7	1,50	0,068	0,060
Id.	Achères.				30	190,6				5988,0		445 331,6	1,50	0,050	
Id.	Cormeilles.				25	582,2				14555,0			1,50	0,060	
Id.	Herblay.				28	1284,7				35971,6			1,50	0,053	
Id.	Versailles-Matelots.				21	123,6				2795,6			1,45	0,069	
Id.	Trappes.				29	1498,1				43 149,9			1,50	0,051	
Id.	Villepreux-les-Clayes.				30	2368,8				71 064,0			1,50	0,050	
Vaugirard.	Trappes.				26	19,1				4966,0			1,50	0,057	
Id.	Villepreux-les-Clayes.				27	695,0				18765,0			1,75	0,064	
Batignolles.	Triel.				31	62,5				1937,0			1,90	0,061	
Id.	Vaux.				36	18,3				658,8			2,10	0,058	
Id.	Meulan-Hardicourt.				40	99,2				3968,0			2,25	0,056	
Id.	Boissy-Laillerie.				33	30,9				1019,7			1,95	0,059	
Id.	La Verrière.				37	371,2				13734,4			2,15	0,058	
Id.	Villepreux-les-Clayes.				33	111,7				3681,1			1,95	0,059	
Batignolles.	Plaisir-Grignon.	de 30 à 40	807	35,0	37	189,0		1123,5	25839,9	29,20		39 812,1	2,25	0,058	0,052
Grenelle.	Louveciennes.				31	293,7				9104,7			1,50	0,048	
Id.	Marly-le-Roi.				34	811,0				27 574,0			1,60	0,047	
Id.	Poissy.				35	69,9				2446,5			1,60	0,045	
Id.	Conflans-Ste-Honorine.				33	6486,1				214 041,3			1,55	0,047	
Id.	Andrésy-Chanteloup.				38	4698,0				178 524,0			1,65	0,043	
Id.	Conflans-fin-d'Oise.				35	399,6				13 986,0			1,60	0,045	
Id.	Eragry-Neuville.				37	4685,4				173 339,8			1,65	0,044	
Id.	Pontoise.				37	35,8				1 324,6			1,65	0,044	
Id.	Laverrière.				34	3120,8				106 107,2			1,60	0,047	
Id.	Les Essarts-le-Roi.				39	1852,2				72 235,8			1,70	0,043	
Id.	Plaisir-Grignon.				34	824,6				28 026,4			1,60	0,047	
Vaugirard.	Houilles.				36	480,0				17 280,0			2,30	0,063	
Id.	La Verrière.				31	420,1				13 032,4			1,90	0,061	
Id.	Les Essarts-le-Roi.				37	512,6				18 966,2			2,15	0,058	
Id.	Plaisir-Grignon.				31	209,7				6 500,7			1,90	0,061	
Id.	Villiers-Neauphle.				38	57,3				2 177,4			2,15	0,056	
Batignolles.	Épône-Mézères.				47	45,4				2133,8			2,25	0,047	
Id.	Juziers.				45	45,2				2 034,0			2,25	0,050	
Id.	Gargenville.				48	13,7				657,6			2,25	0,046	
Id.	Les Essarts-le-Roi.				42	422,5				17 745,0			2,35	0,056	
Id.	Le Perray.				47	45,9				2157,3			2,55	0,054	
Id.	Villiers-Neauphle.				44	12,7				558,8			2,40	0,054	
Id.	Montfort-l'Amaury.				49	45,3				2219,7			2,60	0,053	
Grenelle.	Vernouillet.				43	45,6				1960,8			1,75	0,040	
Id.	Les Mureaux.				49	18,6				911,4			1,90	0,038	
Id.	Triel.	de 40 à 50	912	45,6	42	3911,3		633,4	12668,5	14,35		28 164,6	1,65	0,039	0,045
Id.	Us-Marines.				49	2610,4				127 909,6			1,90	0,038	
Id.	Le Perray.				44	2047,6				90 094,4			1,80	0,040	
Id.	Rambouillet.				50	640,3				32 015,0			1,90	0,038	
Id.	Villiers-Neauphle.				41	380,8				15 612,8			1,70	0,041	
Id.	Montfort-l'Amaury.				46	782,9				36 013,4			1,80	0,039	
Id.	Garancières-la-Queue.				50	20,0				1 000,0			1,90	0,038	
Vaugirard.	Triel.				45	33,0				1 485,0			2,45	0,054	
Id.	Le Perray.				41	1143,7				46 891,7			2,30	0,056	
Id.	Rambouillet.				47	69,1				3 217,7			2,50	0,053	
Id.	Montfort-l'Amaury.				43	334,0				14 362,0			2,25	0,052	
Batignolles.	Mantes (Embranch.)	au-dessus de 50	2 185	78,0	55	91,2				5 016,0			2,25	0,040	0,032
Id.	Rosny.				61	7,4				451,4			2,75	0,045	
Id.	Limay.				52	1840,2				9 569,4			2,25	0,043	
Id.	Sérifontaine.				75	7,4				555,0			3,40	0,045	
Id.	Rambouillet.				53	70,5		558,7	15643,5	17,50		33 929,3	2,75	0,051	
Id.	Tillières.				112	10,4				1 164,8			4,10	0,036	
Grenelle.	Épône-Mézères.				57	1698,1				96 791,7			1,95	0,034	
Id.	Mantes (Embranch.)				66	68,2				4 501,2			2,05	0,031	
Id.	Rosny.				72	559,1				10 255,2			2,10	0,029	

862

HYGIÈNE. — DÉCEMBRE 1900.

NOTICE MONOGRAPHIQUE SUR LES ORCULES MÉNAGÈRES DE PARIS.

863

ANNÉE 1895. — Transport des gadoues sur les chemins de fer (suite).

GARES		DISTANCES KILOMÉTRIQUES			TONNAGE							PRIX DU TRANSPORT			
EXPÉDITRICES	DESTINATAIRES	GROUPEMENT	PARCOURUES			ANNUEL			KILOMÉTRIQUE				D'UNE TONNE (frais de gare compris)		
			TOTALES	MOYENNES	RÉELLES	PARTIEL	MOYEN	TOTAL	P. 100	PARTIEL	MOYEN	TOTAL	ENTRE LES DEUX GARES	PARTIEL	MOYEN
													fr.	fr.	fr.
OUEST (Suite).															
Grenelle.	Bonnières				78	3582,2				279 411,6			2,20	0,028	
Id.	Meulan-Hardicourt.				51	323,3				16 488,3			1,90	0,037	
Id.	Juziers.				55	1150,8				63 294,0			1,95	0,035	
Id.	Gargenville.				58	1871,8				108 564,4			2,00	0,034	
Id.	Limay.				63	1273,6				80 236,8			2,05	0,032	
Id.	Chaumont-en-Vexin.				69	692,0				47 748,0			2,10	0,030	
Id.	Chars.				56	886,1				49 621,6			1,95	0,034	
Id.	Dangu.				87	20,3				6 766,1			2,25	0,025	
Id.	Gasny.				101	385,2				38 905,2			2,40	0,023	
Id.	Boisset (Eure).	au-dessus de 50	2185	78	100	39,9	358,7	15643,5	17,50	3990,0	33 929,3	950 021,5	2,40	0,024	0,032
Id.	Breuilpont.				93	9,4				874,2			2,35	0,025	
Id.	Épernon.				62	368,2				23 944,4			2,00	0,032	
Id.	Chartres-Transit.				92	253,8				23 349,6			2,37	0,025	
Id.	Houdan.				64	68,0				4 352,0			2,05	0,032	
Id.	Clevilliers.				104	71,4				7 425,6			2,45	0,023	
Id.	St-Denis-sur-Sarthon.				225	138,5				31 162,5			3,60	0,016	
Vaugirard.	Les Mureaux.				52	97,5				5 070,0			2,70	0,051	
Id.	Épône-Mézères.				60	16,0				960,0			3,95	0,049	
Id.	Pontgouin.				112	43,0				4 816,0			4,10	0,036	
NORD. — 2 gares expéditrices. — 35 gares destinataires.															
La Chapelle (annexe).	Épinay-sur-Seine.	de 0 à 10	28	9,34	8	48,8				150,4			0,80	0,100	
Id.	Deuil.				10	8,9	11,3	34,0	0,10	89,0	100,8	302,4	0,90	0,090	0,093
Id.	Enghien.				10	6,3				63,0			0,90	0,090	
La Chapelle.	Ermont.				13	624,7				8 121,1			1,00	0,077	
Id.	Villiers-le-Bel.				14	252,0				3 528,0			1,05	0,075	
Id.	Sannois.				15	21,7				325,5			1,10	0,073	
Id.	Sevran.				16	230,7				3 691,2			1,10	0,068	
Id.	Franconville.				16	2172,2				34 755,2			1,10	0,068	
Id.	Ecouen.				17	8,8				149,6			1,15	0,067	
Id.	St-Leu (Seine-et-Oise).				18	633,0				11 393,0			1,20	0,066	
Id.	Goussainville.	de 10 à 20	251	16,7	18	258,0	425,2	6 378,8	19,30	4 644,0	7 166,8	107 503,3	1,20	0,066	
La Chapelle.	Montigny-Beauchamp.				19	724,0				13 756,0			1,25	0,065	
Id.	Taverny.				19	1254,0				23 826,0			1,25	0,065	
St-Ouen-les-Docks.	Ermont.				15	88,3				1 324,5			1,00	0,066	
Id.	Villiers-le-Bel.				16	10,0				160,0			1,05	0,065	
Id.	Sannois.				17	17,0				289,0			1,10	0,064	
Id.	Franconville.				18	74,4				1 339,2			1,10	0,061	
Id.	Goussainville.				20	10,0				200,0			1,25	0,062	
La Chapelle.	Bessancourt.				21	282,0				5 922,0			1,30	0,062	
Id.	Montsoult.				23	533,7				12 735,1			1,35	0,059	
Id.	Pierrelaye.				23	11059,0				254 359,3			1,35	0,059	
Id.	Méry.				24	38,5				924,0			1,40	0,058	
Id.	Garage de Liesse.				26	3477,0				90 402,0			1,45	0,055	
Id.	Mériel.				26	19,6				509,6			1,45	0,055	
Id.	Mitry.				26	407,4				10 392,4			1,45	0,055	
Id.	Belloy.				28	806,3				22 576,4			1,50	0,053	
Id.	Épluchés.				28	1385,3	1363,0	24 733,2	74,84	38 788,4	36 554,5	657 981,6	1,50	0,053	0,054
Id.	Survilliers.	de 20 à 30	473	26,3	29	39,4				1 442,6			1,50	0,051	
Id.	Presles.				30	413,0				12 390,0			1,50	0,051	
St-Ouen-les-Docks.	Montigny-Beauchamp.				21	3338,9				70 116,9			1,30	0,062	
Id.	Pierrelaye.				25	1117,3				27 932,5			1,40	0,056	
Id.	Méry.				26	7,0				182,0			1,40	0,053	
Id.	Garage de Liesse.				28	1156,0				32 368,0			1,45	0,051	
Id.	Mériel.				29	69,6				2 018,4			1,50	0,051	
Id.	Belloy.				30	28,6				858,0			1,50	0,050	
Id.	Épluchés.				30	534,6				16 038,0			1,50	0,050	
La Chapelle.	Anvers.				31	128,3				3 977,3			1,50	0,048	
Id.	Isle-Adam.				31	216,0				4 696,0			1,50	0,048	
Id.	Orry-Coye.	de 30 à 40	199	33,2	34	7,3	89,1	534,9	1,61	248,2	2 861,6	17 170,0	1,55	0,045	0,046
Id.	Persan.				35	15,0				525,0			1,60	0,045	
St-Ouen-les-Docks.	Auvers.				35	84,8				2 968,0			1,60	0,045	
Id.	Isle-Adam.				33	83,5				2 755,5			1,55	0,047	
La Chapelle.	Plessis-Belleville.	de 40 à 50	138	46,0	44	74,9				3 070,9			1,70	0,041	
Id.	Nanteuil.				47	65,7				3 087,9	2 719,6	8 158,8	1,80	0,038	0,039
Id.	Saint-Leu-d'Esserent.				50	40,0				2 000,0			1,90	0,038	
La Chapelle.	Ormoys.				55	372,5				20 487,5			1,90	0,038	
Id.	Boissy-Lévignen.				59	73,3				4 327,7			1,95	0,033	
Id.	Bulles.	au-dessus de 50	431	72,0	78	310,1	198,2	11 891,1	3,60	24 187,8	12 941,0	77 646,2	2,15	0,027	0,030
Id.	Boves.				121	47,2				5 711,2			2,50	0,020	
St-Ouen-les-Docks.	Ormoys.				57	378,0				22 446,0			1,95	0,034	
Id.	Cirés-les-Mello.				61	8,0				486			2,00	0,039	

864

HYGIÈNE. — DÉCEMBRE 1900.

NOTICE MONOGRAPHIQUE SUR LES ORDRES MÉNAGÈRES DE PARIS. 865

Tome VI. — 99^e année. 5^e série. — Décembre 1900.

56

ANNÉE 1895. — Transport des gadoues sur les chemins de fer (suite).

GARES		DISTANCES KILOMÉTRIQUES					TONNAGE						PRIX DU TRANSPORT (fr. de gare compris)		
EXPÉDITRICES	DESTINATAIRES	GROUPE- MENT	PARCOURUES			ANNUEL				KILOMÉTRIQUE		ENTRÉE DES DEUX GARES	KILOMÉTRIQUE		
			TOTALES	MOYENNES	RÉELLES	PARTIEL	MOYEN	TOTAL	P. 100	PARTIEL	MOYEN		TOTAL	PARTIEL	MOYEN
P.-L.-M. — 1 gare expéditrice. — 7 gares destinataires.															
Bercy-Confla	Brunoy.	de 20 à 30	48	24	22	215,9	1 586,1	3 172,3	20,10	4 749,8	40 808,1	81 616,2	1,28	0,058	1,050
	Combe-la-Ville.				26	2 956,4				76 866,4			1,40	0,053	
	Lieusaint.				31	9 446,8				292 850,8			1,52	0,049	
	Moulin-Galant.	de 30 à 40	107	36	36	701,8	3 863,0	11 589,2	73,32	25 264,8	125 246,5	373 739,6	1,60	0,044	0,045
	Mennecy.				40	1 440,6				57 624,0			1,70	0,042	
	Ballancourt.	de 40 à 50	47	47	47	988,3	988,4	988,3	6,26	46 450,1	46 450,1	46 450,1	1,84	0,039	0,039
	La Ferté-Alais.	au-dessus de 50	53	53	53	17,8	17,8	17,8	0,12	943,4	943,4	943,4	1,96	0,037	0,037
ORLÉANS. — 2 gares expéditrices. — 31 gares destinataires.															
Paris-Ivry.	Juvisy.	de 10 à 20	49	16,3	18	37,0	1 562,3	4 687,0	30,8	666,0	19 397,3	58 192,0	1,20	0,066	
Paris-Montrouge.	Massy-Palaiseau.				15	612,0				918,0			1,10	0,073	0,069
Id.	Palaiseau.				16	3 338,0				56 608,0			1,10	0,068	
Paris-Ivry.	Épinay-sur-Orge.				23	229,0				5 267,0			1,45	0,063	
Id.	Saint-Michel.	de 20 à 30	102	25,5	27	300,0	198,0	792,0	4,62	8 100,0	4 998,2	19 993,0	1,60	0,059	0,060
Paris-Montrouge.	Orsay.				22	158,0				3 476,0			1,40	0,063	
Id.	Saint-Rémy.				30	195,0				3 150,0			1,75	0,058	
Paris-Ivry.	Brétigny.				31	626,0				19 406,0			1,80	0,058	
Id.	Marolles.				33	2 245,0				78 575,0			2,00	0,057	
Id.	Arpajon (Seine-et-Oise).	de 30 à 40	255	36,4	36	545,0	1 128,3	7 898,0	51,92	19 620,0	40 971,4	286 800,0	2,00	0,055	0,056
Id.	Bourray.				39	2 054,0				80 106,0			2,15	0,055	
Id.	Breuillet.				40	663,0				26 520,0			2,20	0,055	
Paris-Montrouge.	Boullay-les-Troux.				35	1 558,0				54 530,0			2,00	0,057	
Id.	Limours.				39	207,0				8 073,0			2,15	0,055	
Paris-Ivry.	Lardy.	de 40 à 50	181	43,5	42	125,0	164,0	656,0	4,32	5 250,0	7 152,0	29 808,0	2,30	0,054	
Id.	Chamarande.				45	80,0				3 600,0			2,45	0,054	
Id.	Saint-Chéron.				46	345,0				15 870,0			2,45	0,053	0,053
Id.	Étrechy.				48	106,0				5 088,0			2,50	0,052	
Paris-Ivry.	Étampes.	au-dessus de 50	1 424	109,5	55	207,0	97,7	1 270,0	8,34	11 385,0	9 461,7	123 003,0	2,50	0,045	
Id.	Dourdan.				55	115,0				6 325,0			2,50	0,045	
Id.	Saint-Hilaire-Chalo.				62	85,0				5 270,0			3,00	0,048	
Id.	Ablis-Paray.				69	447,0				30 843,0			2,50	0,036	
Id.	Saint-Escobille.				72	19,0				1 368,0			2,30	0,031	
Id.	Angerville.				74	9,0				666,0			2,50	0,033	
Id.	Saint-Jean-de-Braye.				125	44,0				5 500,0			3,00	0,024	0,030
Id.	Beaugency.				145	27,0				3 915,0			3,00	0,020	
Id.	Saint-Denis-Jargeau.				137	9,0				1 233,0			3,00	0,021	
Id.	Meung-sur-Loire.				138	9,0				1 242,0			3,00	0,021	
Id.	La Ferté Saint-Aubin.				142	73,0				10 366,0			3,00	0,021	
Id.	Chilleurs-Montigny.				145	24,0				3 480,0			3,00	0,020	
Id.	Château-Renaud.				205	202,0				41 410,0			6,25	0,030	
EST. — 4 gares expéditrices. — 16 gares destinataires.															
Paris-Villette.	Gagny.	de 10 à 20	34	17,0	15	972,0	585,5	1 171,0	5,62	14 580,0	9 180,5	18 361,0	1,00	0,066	0,063
	Chelles.				19	199,0				3 781,0			1,16	0,061	
	Lagny.	de 20 à 30	84	28,0	28	63,0	1 941,3	5 824,0	27,97	1 764,0	154 357,3	163 072,0	1,46	0,052	0,052
	Émerainville.				28	2 374,0				66 472,0			1,46	0,052	
	Villecresnes.				28	3 387,0				94 836,0			1,46	0,052	
	Ozouer-La-Ferrière.				33	1 953,0				64 449,0			1,56	0,047	
Pantin.	Santenay-Servon.	de 30 à 40	178	35,6	33	3 610,0	2 108,2	10 541,0	50,63	112 530,0	75 471,8	357 359,0	1,56	0,047	0,045
Paris-Reuilly.	Brie-Comte-Robert.				36	4 522,0				162 792,0			1,62	0,045	
Vincennes.	Esbly.				37	98,0				3 626,0			1,64	0,044	
Fontenay.	Gretz-Armainvilliers.				39	358,0				13 962,0			1,68	0,043	
Paris-Villette.	Grisy-Suisnes.	de 40 à 50	178	44,5	41	1 342,0	750,0	3 000,0	14,40	55 022,0	32 429,7	129 719,0	1,72	0,042	0,040
	Coubert-Soignolles.				44	409,0				17 996,0			1,78	0,040	
	Villepatoir.				44	900,0				39 600,0			1,78	0,040	
	Marles.				49	349,0				17 101,0			1,88	0,038	
Paris-Villette.	Fontenay-Trésigny.	au-dessus de 50	205	102,5	64	265,0	142,5	285,0	1,37	16 960,0	989,0	1 978,0	2,04	0,031	0,025
	Mesgrigny.				141	20,0				2 820,0			2,81	0,020	
ÉTAT. — 1 gare expéditrice. — 1 gare destinataire.															
Vaugirard.	Berchères-les-Pierres.	au-dessus de 50	97	97	97	34,6	34,6	34,6	100,0	3 356,2	3 356,2	3 356,2	4,05	0,041	0,041

DISTANCES KILOMÉTRIQUES										TONNAGE		KILOMÉTRIQUE				PRIX MOYEN	
COMPAGNIES	GROUPE-MENT	PARCOURUES			ANNUEL			POURCENTAGE			KILOMÉTRIQUE			TRANSPORT D'UNE TONNE KILOMÉTRIQUE, frais de gare compris.			
		TOTALES	par compagnie	pour les 6 réseaux	TOTAL	pour les 6 réseaux	pour les 6 réseaux	POTRENTAGE	par compagnie	par compagnie	pour les 6 réseaux	pour les 6 réseaux	par compagnie	pour les 6 réseaux	fr.	fr.	
Ouest.	de 0 à 10	21	49	7,0	8,1	308,3	725,3	2175,8	2209,8	1,28	2,50	5780,9	2940,8	20366,8	17342,8	0,105	0,099
Nord.		28		9,3			41,3	34,0			0,40	100,8			3024,0	0,093	
Ouest.		120		16,2			1943,4	15747,5			17,53	35158,6			281268,7	0,075	
Nord.		251		16,7			425,2	6378,8			19,30	7166,8			107303,3	0,072	
Orléans.	de 10 à 20	48	462	24,0	18,5	1085,0	1586,4	3172,3	26469,6	15,37	20,10	40808,4	23078,6	398749,2	81616,2	0,050	0,065
Est.		34		17,0			385,5	1171,0			5,62	9180,5			18361,0	0,063	
Ouest.		391		26,0			1117,6	16764,7			18,90	29688,7			443331,6	0,060	
Nord.		473		26,3			1363,0	24733,2			74,84	36554,5			657981,6	0,054	
P.-L.-M.	de 20 à 30	48	1098	24,0	26,0	1236,7	1586,4	3172,3	51296,2	29,73	20,10	40808,4	33281,4	4367994,4	81616,2	0,050	0,055
Orléans.		102		25,5			175,5	702,0			4,62	4998,2			19993,0	0,060	
Est.		84		28,0			1941,3	5824,0			27,97	54357,3			165072,0	0,052	
Ouest.		807		33,0			1123,5	25839,9			29,20	39812,4			915679,0	0,052	
Nord.		499		33,2			89,1	534,9			1,61	2861,6			47170,0	0,046	
P.-L.-M.	de 30 à 40	107	1566	36,0	35,5	1662,4	3863,0	11589,2	56403,0	32,76	73,52	125246,5	56072,7	1952749,0	357739,6	0,045	0,048
Orléans.		255		36,4			1428,3	7898,0			51,92	40971,4			286800,0	0,056	
Est.		178		35,6			2108,2	10541,0			50,63	71471,8			357359,0	0,045	
Ouest.		912		45,6			633,4	12668,5			14,35	28166,6			563293,0	0,045	
Nord.		138		46,0			60,2	580,6			0,55	2719,6			8138,8	0,039	
P.-L.-M.	de 40 à 50	47	1456	47,0	45,7	518,4	988,3	988,3	17493,4	10,46	6,26	46450,1	23443,2	777428,9	46450,1	0,039	0,043
Orléans.		181		45,2			164,0	656,0			4,32	7452,0			29808,0	0,053	
Est.		178		44,5			750,0	3000,0			14,40	32429,7			129719,0	0,040	
Ouest.		2185		78,0			558,7	15643,4			17,50	33929,3			950021,5	0,032	
Nord.		431		72,0			198,2	1489,1			3,60	12941,0			77646,2	0,030	
P.-L.-M.	au-dessus de 50	33	4395	53,0	85,0	173,4	17,8	17,8	18440,0	10,70	0,42	943,4	10520,0	1456948,3	943,4	0,037	0,032
Orléans.		1424		109,5			97,7	4270,0			8,34	9461,7			123003,0	0,030	
Etat.		205		102,5			142,5	285,0			1,37	989,0			1978,0	0,025	
Etat.		97		97,0			34,6	34,6			100,00	3356,2			3356,2	0,041	
Totaux et Moyennes.	Toutes distances	9007	9007	36,3	1178,0	1178,0	117212,0	172212,0	100,00	100,00	42761,4	5674236,6	5674236,6	5674236,6	0,039	0,039	

NOTES DE MÉCANIQUE

LES BULLDOZERS

On appelle ainsi aux États-Unis un genre de machines peu connu chez nous, et fabriqué par *Williams White*, à Moline, Illinois. C'est (fig. 1 et 2) une sorte de presse à forger, plier et étamper horizontale, très puissante, avec enclume et matrice simple ou multiple, parfois en gradins (fig. 6), de manière que l'on puisse effectuer successi-

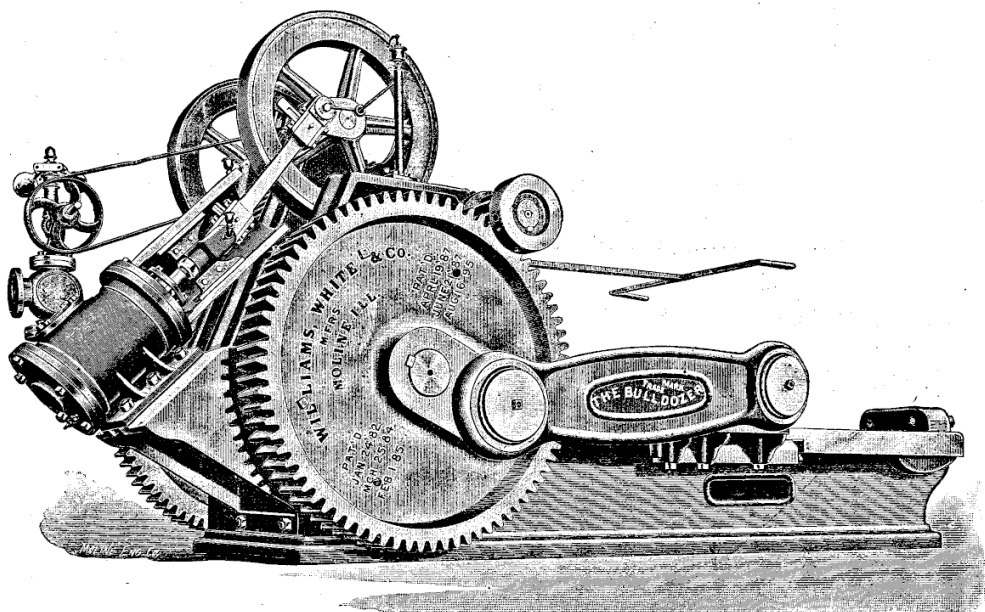


Fig. 1. — Bulldozer commandé par une machine à vapeur.

vement différentes opérations en une seule chaude, en passant la pièce en travail d'un gradin au suivant.

Le marteau de cette presse est actionné par deux grosses bielles commandées par les manivelles de deux pignons latéraux, commande simple, robuste, avec porte-à-faux aussi réduit que possible et donnant, au passage du point mort, des pressions énormes sans torsion de l'arbre des pignons, de sorte que les deux bielles restent toujours bien parallèles, quelle que soit l'inégale répartition des pressions sur le marteau ou la matrice.

La mise en train s'opère au moyen d'un embrayage facile à débrayer en pleine marche, et rendu automatique à volonté comme dans la plupart des presses étam-

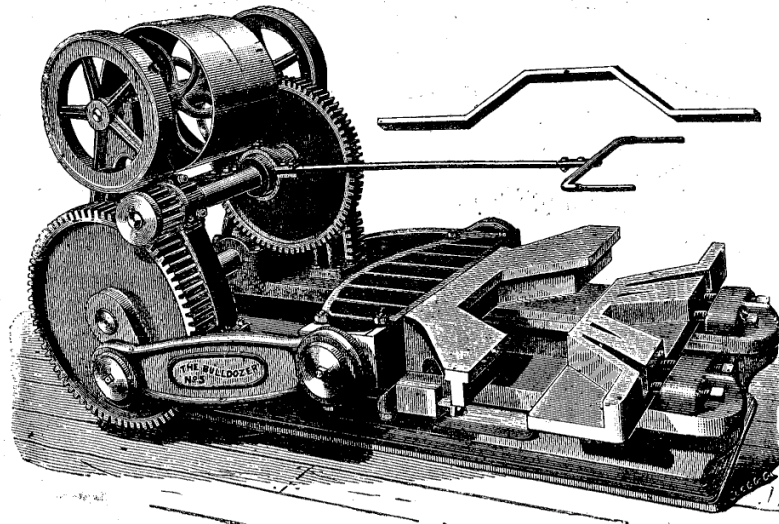


Fig. 2. — *Bulldozer* commandé par courroies avec enclume disposée pour fabriquer la pièce indiquée au-dessus de la machine.

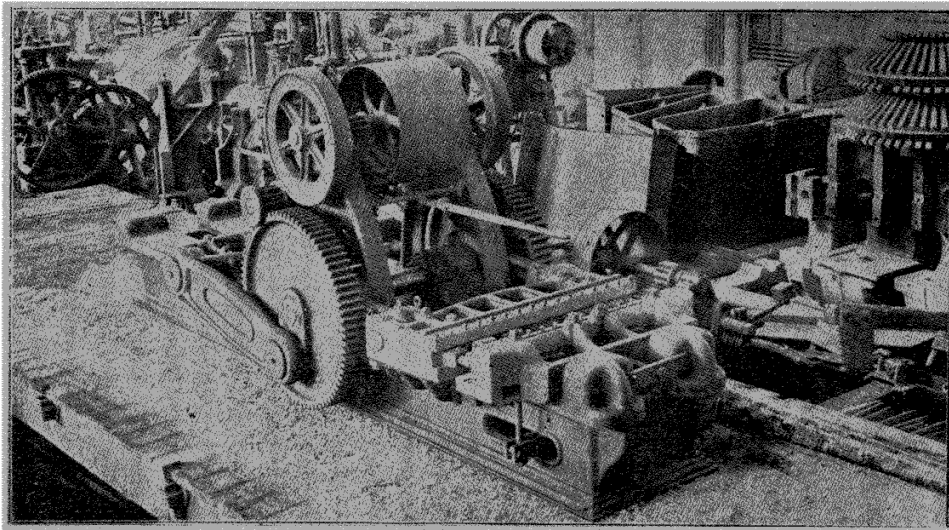


Fig. 3. — *Bulldozer* double, avec étampeur à gauche et poinçonneuse à droite.

peuses américaines; en outre, l'enclume repose sur les vis de ses talons par des

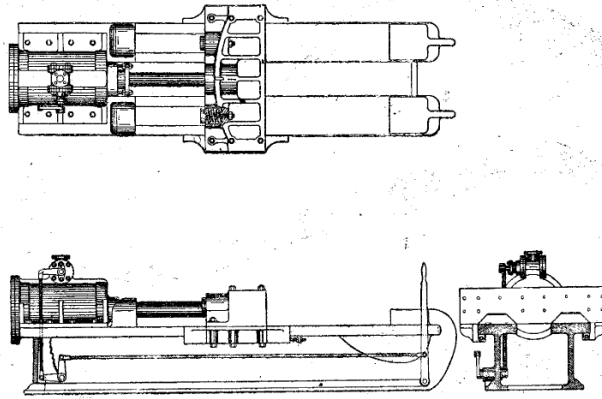


Fig. 4. — *Bulldozer* à action directe.

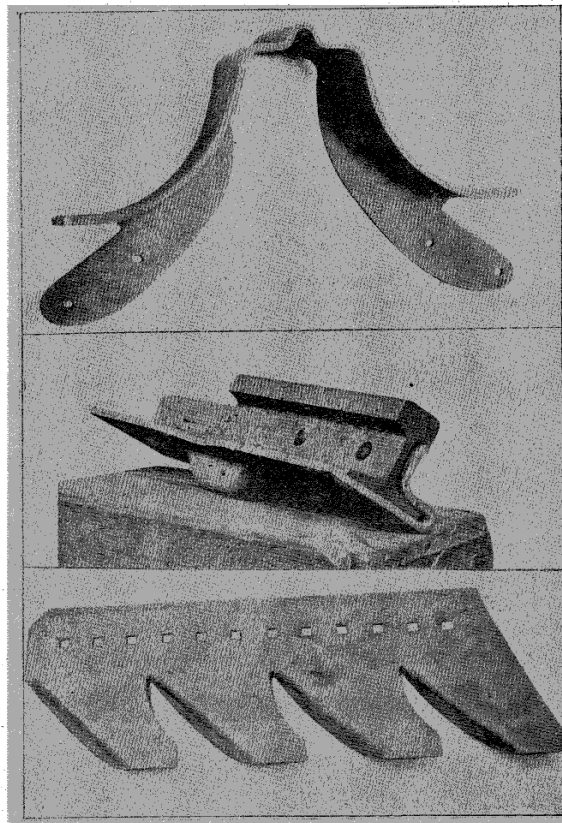


Fig. 5. — Selle en acier, éclisse et dents de moissonneuses estampées au *Bulldozer*.

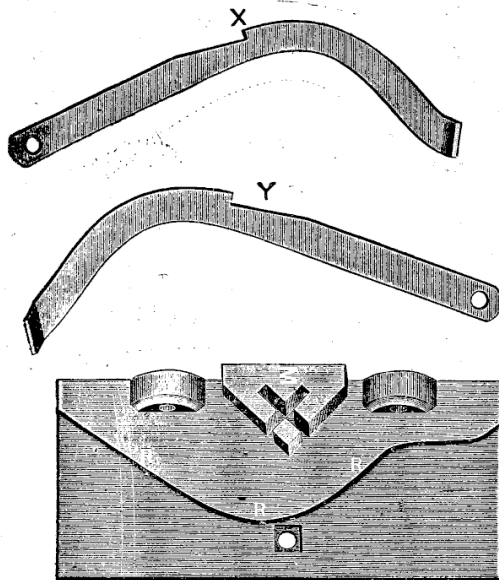


Fig. 6.

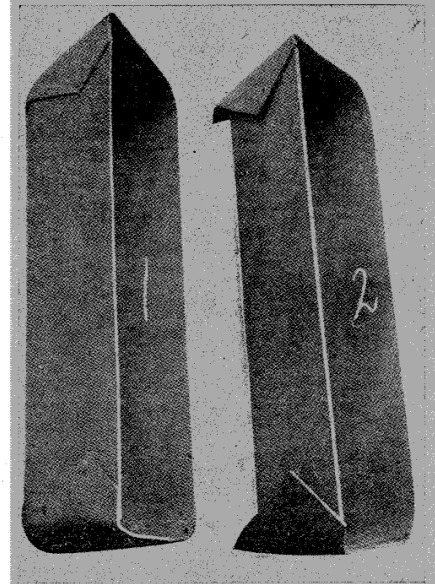


Fig. 7.

Fig. 6. — Étampe à deux gradins pour étamper les pièces gauche et droite X et Y. Le gradin inférieur RRR fait la courbe du milieu et la courbure de l'extrémité est donnée à droite ou à gauche par la deuxième course du marteau, en engageant cette extrémité dans la rainure correspondante du deuxième gradin M. — Fig. 7. — Godets pour élévateurs à grains ébauché comme en n° 2 par le *Bulldozer*, puis rivé et fini comme en figure 1.

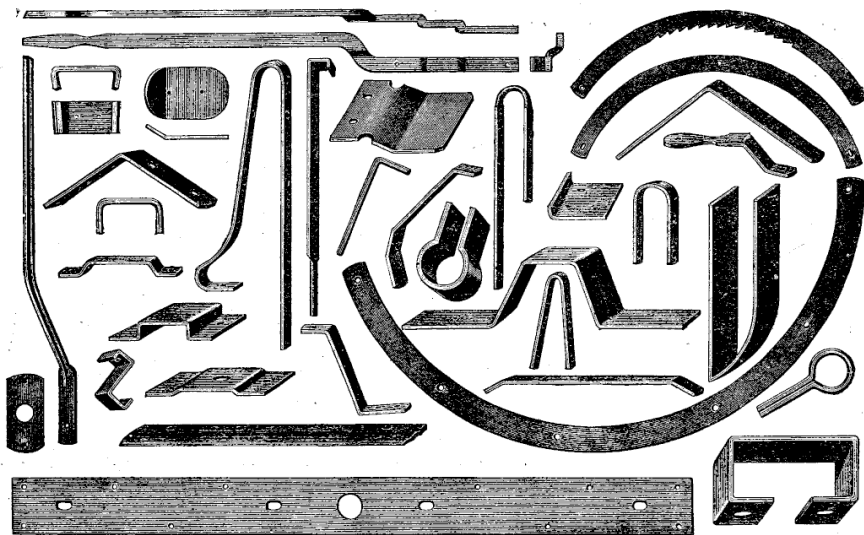


Fig. 8. — Types de pièces finies au *Bulldozer*.

boîtes de sûreté qui cèdent en s'écrasant au cas d'une résistance excessive provoquée par la chute ou l'oubli d'une pièce, d'un marteau, par exemple, sur la machine. Les trous percés (fig. 4) dans le corps des grands pignons servent à tourner la machine à la main afin de pouvoir y ajuster facilement les matrices.

On construit aussi des Bulldozers doubles comme en figure 3, avec le marteau de gauche commandé comme précédemment, et celui de droite, à course courte (100 millimètres), par deux excentriques, pour cisailer, par exemple, ou poinçonner une série de trous.

On peut enfin faire actionner directement le marteau par un cylindre à vapeur ou à air comprimé (fig. 4), solution préférable quand il faut agir par chocs répétés ou véritable forage, comme pour les soudures.

Quant aux applications de ces machines, elles sont pratiquement innombrables; les figures 6 à 8 donnent une faible idée de leur variété; elles sont presque indispensables pour la fabrication des ferrures de wagons et de machines agricoles. Le tableau ci-dessous donne les dimensions de leurs principaux types :

Types.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
Longueur. .	2 ^m	2 ^m ,23	2 ^m ,45	3 ^m ,05	3 ^m ,50	3 ^m ,65	4 ^m ,90
Largeur. . .	1 ^m ,05	1 ^m ,10	1 ^m ,22	1 ^m ,40	1 ^m ,90	1 ^m ,90	1 ^m ,90
Face du marteau. . .	760 ^{mm} × 125	870 × 170	990 × 180	1 ^m ,45 × 190	1 ^m ,60 × 300	1 ^m ,60 × 300	1 ^m ,73 × 405
Course. . .	355 ^{mm}	405	405	457	510	510	610
Espace libre pour les matrices .	355 ^{mm}	445	635	965	965	965	1 ^m ,15
Poids. . .	1 700 ^k	2 700	3 540	5 450	8 200	10 900	20 400
Tours des poulies par course du marteau. .	36	42	51	45	46	33	»

ÉCONOMIE RELATIVE DES MACHINES A TRIPLE ET QUADRUPLE EXPANSIONS
D'APRÈS M. L. Mellandry (1)

Les expériences dont il est question dans cet article ont été exécutées avec les machines expérimentales du Durham College of Science (2).

La machine à quadruple expansion avait des cylindres de 180, 266, 390 et 385 × 458 de course et celle à triple expansion des cylindres de 180, 266 et 385 × 457. Pression maxima aux chaudières : 13 kilogrammes. L'on mesurait la dépense d'eau d'alimentation par la décharge de la bêche du condenseur en des réservoirs jaugés, et la puissance effective, par un dynamomètre hydraulique de Froude avec totaliseur automatique. On réglait la résistance du frein de manière à maintenir la vitesse constante à toutes les puissances.

Des expériences préliminaires avaient indiqué (fig. 4) comme meilleure détente pour la quadruple expansion une pression de 13 kilogrammes à la chaudière. Dans chaque cas, on commença les expériences avec cette pression, la vapeur coupée

(1) Manchester association of Engineers (*Mechanical World*, 30 novembre et 7 décembre 1900).

(2) Proc. of the North East Coast. Inst. of Engineers, vol. XXIII.

à 0^m,300 dans le cylindre d'admission, vide 0^m,610 au condenseur, vitesse 140 tours, puis on descendit jusqu'à une pression d'admission de 6^{kg},3, mais toujours avec à peu près les mêmes détentes aux différents cylindres, la même vitesse et le même vide. Les principaux résultats de ces expériences sont donnés par les tableaux, et représentés par les diagrammes (fig. 1 à 6), qui montrent que, dans les deux cas, la dépense d'eau par heure est proportionnelle à la puissance, et plus faible par cheval avec la quadruple expansion.

Le diagramme fig. 2 donne les variations de la dépense d'eau par cheval avec la

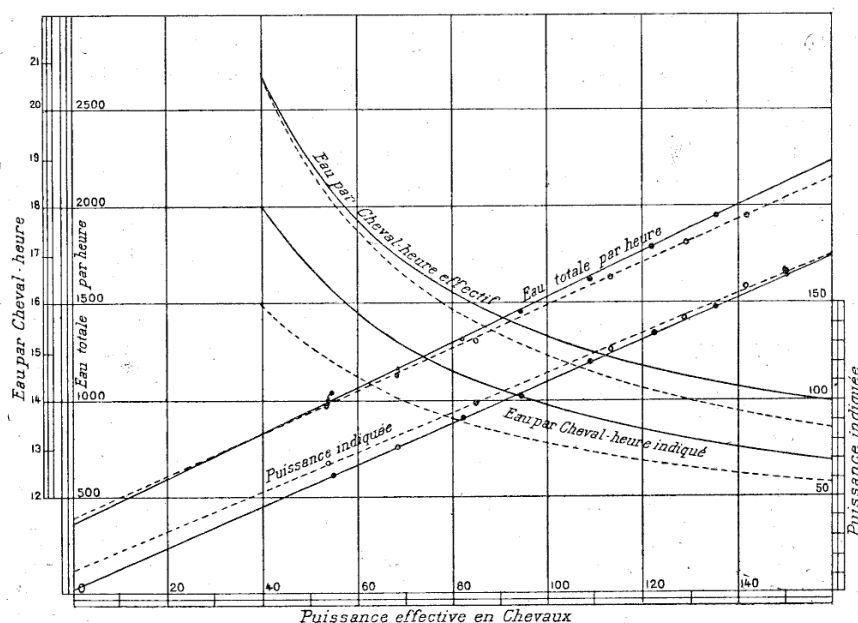


Fig. 1. — Essais de machines à triple expansion, — lignes en traits pleins — et à quadruple expansion — lignes pointillées —. Les dépenses d'eau sont exprimées en livres anglaises de 453 grammes.

pression d'admission prolongée par interpolation jusqu'à 17^{kg},5. Ces courbes comparatives ne donnent pas les dépressions d'eau minima correspondant à ces diverses pressions, car c'est probablement à la pression de 16 kilogrammes que l'on aurait obtenu, avec ces détentes, la marche la plus économique; mais les comparaisons qu'elles permettent d'établir entre la quadruple et la triple expansion n'en paraissent pas moins justifiées, et elles donnent une idée approximative du gain que l'on peut espérer d'une augmentation donnée de la pression d'admission.

Le diagramme fig. 3 donne la puissance des deux types de machines aux différentes pressions : la quadruple expansion est toujours la plus forte, mais plus en puissance indiquée qu'en puissance effective; le rendement organique de la triple expansion est plus élevé et ne diminue que très peu avec la puissance.

Les diagrammes fig. 4, 5 et 6 se rapportent à la machine à quadruple expansion

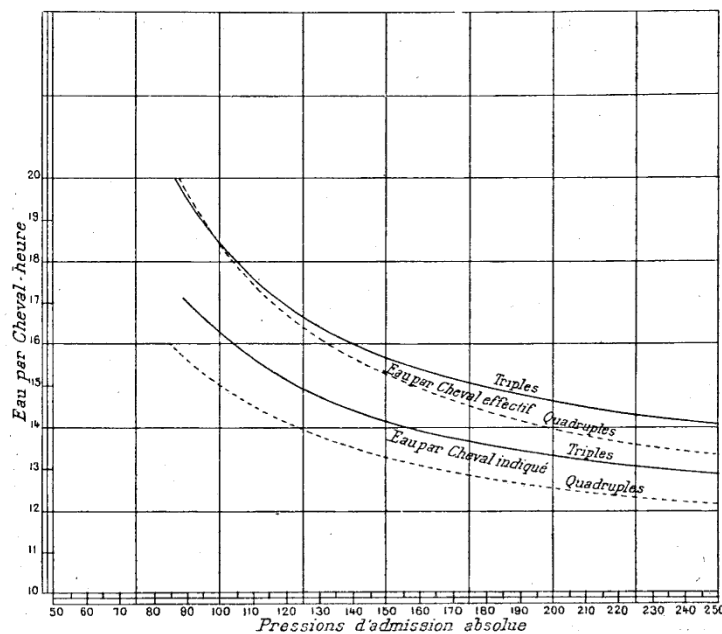


Fig. 2. — Essais de machines à triple expansion — lignes en traits pleins — et à quadruple expansion — lignes pointillées. — Les pressions sont en livres anglaises par pouce carré (0^k,07 par centimètre carré).

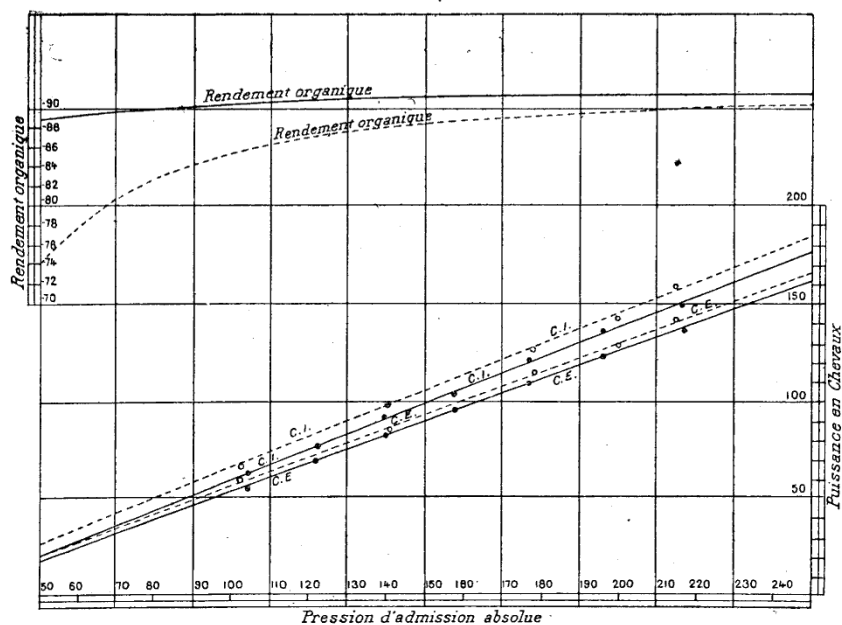


Fig. 3. — Essais de machines à triple expansion — lignes en traits pleins — et à quadruple expansion — lignes pointillées. —

CI, chevaux indiqués ; CE, chevaux effectifs.

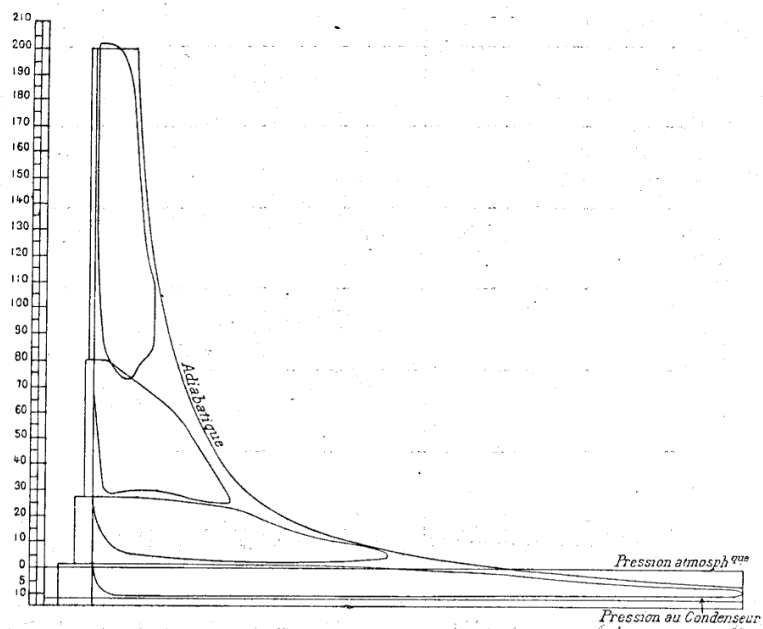


Fig. 4.

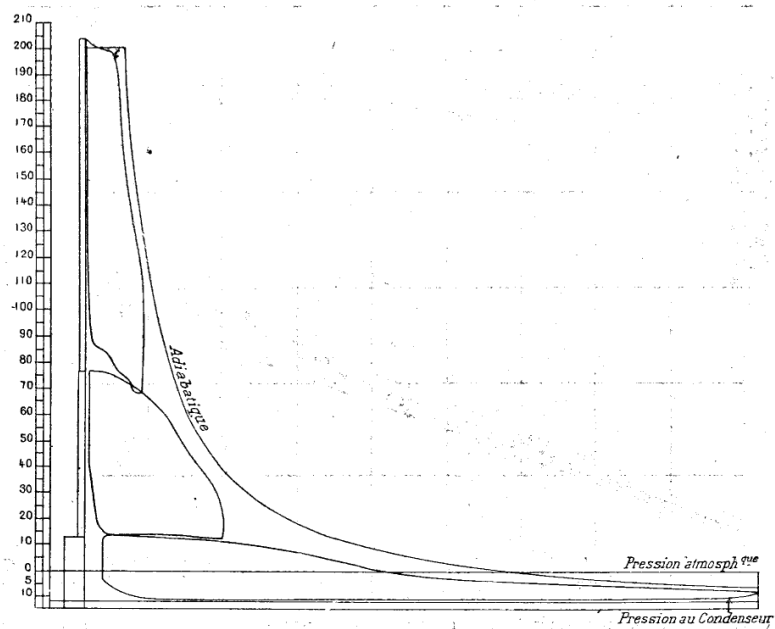


Fig. 5.

et à celle en triple avec cylindres de 180, 266 et 385 (fig. 5), puis (fig. 6) de 180, 390 et 385. Le remplacement du cylindre intermédiaire de 266 par celui de 390 montre bien l'influence des détentés particulières aux différents cylindres.

De nombreuses expériences ont démontré, qu'à longueur d'admission égale au petit cylindre, la dépense de vapeur par course ou par tour du moteur augmente considérablement avec l'admission au second cylindre, ou, plus exactement, à mesure que s'abaisse la pression d'échappement du premier cylindre à son réservoir intermédiaire, soit parce que, la compression diminuant au petit cylindre, l'effet des espaces nuisibles est plus accentué, soit parce que la condensation y est plus abondante, soit enfin parce

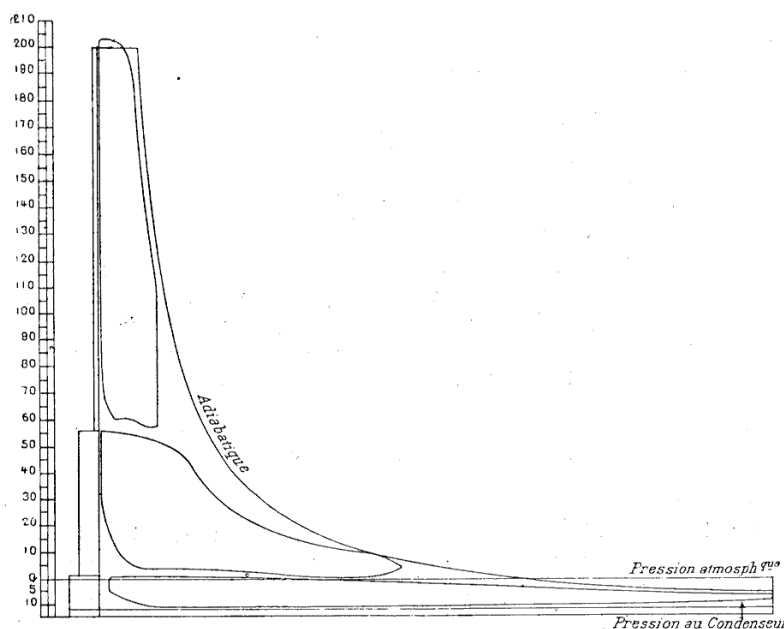


Fig. 6.

que les fuites au distributeur augmentent, mais sans que l'on ait encore pu donner la démonstration expérimentale de ces différentes hypothèses.

Le diagramme fig. 7 indique nettement l'effet de l'addition d'un quatrième cylindre. Les traits pleins donnent les diagrammes des cylindres de 266 et 390 millimètres en essai de quadruple expansion, et le pointillé celui du cylindre de 390 comme intermédiaire en triple expansion avec, dans les deux cas, même admission aux petits cylindres et même volume de vapeur à la fin de l'admission au cylindre de 390 millimètres de la triple expansion qu'à celui de 266 dans la quadruple. La surface ombrée donne la perte en triple expansion, due probablement aux fuites et condensations susmentionnées. Ce diagramme montre bien comment la dépense de vapeur par course, notablement plus élevée dans la triple expansion à cylindres de 180, 390 et 385 millimètres que dans la

quadruple à cylindres de 180, 266, 398 et 385 millimètres, diminue quand on remplace, dans la triple expansion, le cylindre de 390 par celui de 266 millimètres, où la pression d'admission est à peu près la même que dans le cylindre de 266 en quadruple.

En fait, et dans les limites de ces expériences, la quadruple expansion n'a guère présenté d'avantage pratique notable sur la machine à triple expansion, dont les pro-

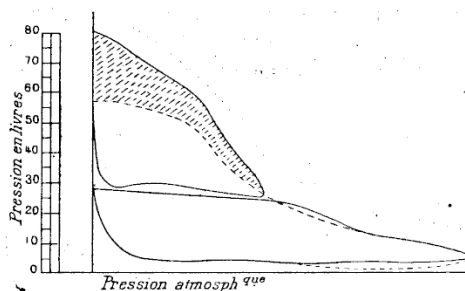


Fig. 7.

portions auraient d'ailleurs pu être améliorées en augmentant un peu son rendement. Il y aurait, en outre, grand intérêt à vérifier l'hypothèse de l'augmentation considérable des fuites des distributeurs du grand cylindre au réservoir intermédiaire à mesure que la pression baisse dans ce réservoir, car il serait facile, en y remédiant, d'améliorer le rendement des machines à triple et double expansion.

FRAPPEUR *Boyer* A LONGUE COURSE (1)

Nous avons déjà plusieurs fois attiré l'attention de nos lecteurs sur ces appareils : frappeurs, riveurs, etc. (2) portatifs, à air comprimé, qui se répandent de plus en plus, en des applications aussi variées que nombreuses. Le frappeur Boyer représenté par les figures 1 à 3 est remarquable par la longueur de sa course et sa grande puissance.

Comme dans presque tous les appareils de ce genre, l'air comprimé passe de la poignée B, au travers de la soupape de réglage D (fig. 1), dans le canal C. Quand les pièces du mécanisme occupent les positions figure 1, cet air passe de C par O U en T, et pousse en avant le piston I sur l'enclume F, retenue par la bague élastique G (fig. 4), l'air qui se trouve en avant de ce piston s'échappant dans l'atmosphère par W, XX₁. Vers la fin de sa course avant, le piston I, pénétrant dans la douille mobile V', ferme W₁ et comprime l'air ainsi enfermé devant lui, puis la compression de cet air repousse à gauche, dans la position figure 2, la douille V' et la douille V, reliée à V' par les tiges A, A de manière à fermer l'admission T à gauche de I et à lui ouvrir l'échappement WXX'. Continuant sa course avant en refoulant l'air pris entre lui et F par les rainures longitudinales du guide B', le piston I frappe F, puis rebondit en arrière, repasse en V', et est alors repoussé en arrière par l'air comprimé admis en T' par U Y. Quand le piston arrive

(1) *Engineering*, 14 décembre, 767.

(2) *Bulletins* de mars et septembre 1900, p. 476 et 398.

ainsi au fond de sa course de droite à gauche, il franchit V et comprime l'air confiné en M, dont la pression l'arrête sans choc puis le renvoie en avant de V'. Si alors on continue d'appuyer l'outil sur le rivet en frappe, F, reculant avec sa douille B', repousse par les tiges D', et malgré son ressort L, la douille Q, qui, passant de la position figure 3 à celle figure 1, renvoie l'admission de l'air comprimé sur I et T. L'opération ne peut

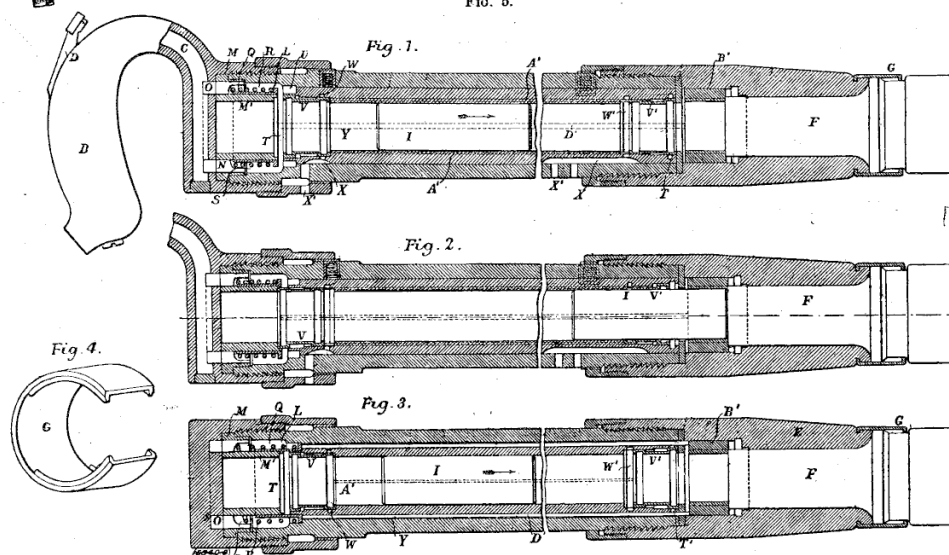
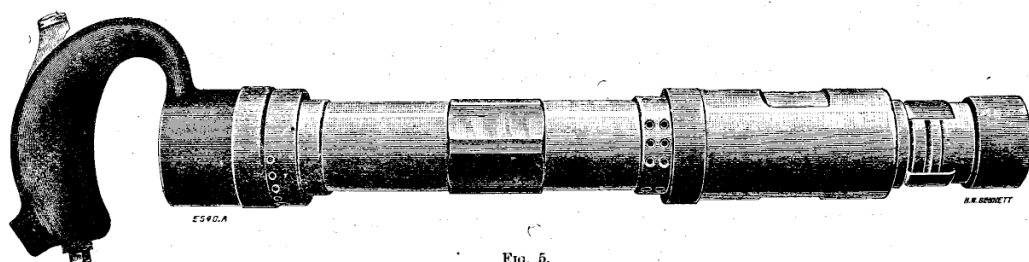


Fig. 1 à 5. — Frappeur *Boyer* à longue course.

donc continuer que si l'enclume F est appuyée sur son ouvrage, de sorte qu'elle ne risque pas d'être frappée à vide et chassée de l'outil.

La pression de l'air est de 7 kilogrammes. On peut ainsi, sur une coque de navire, avec trois hommes et un gamin à la chaufferie, poser 800 à 1 000 rivets de 20 millimètres par journée de dix heures, avec une économie d'environ 6 centimes par rivet sur le travail à la main.

ACTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE SUR LA MARCHÉ D'UN CHRONOMÈTRE AIMANTÉ

Note de M. A. Cornu (1).

La marche des chronomètres, dont certaines pièces en acier trempé sont toujours plus ou moins magnétiques, est nécessairement influencée par le magnétisme terrestre et par celui des masses aimantées situées au voisinage.

Les observations suivantes, quoique très incomplètes, me font penser qu'il y a lieu d'introduire la considération de cette influence dans la discussion des causes régulières qui modifient la marche des chronomètres : la question intéresse particulièrement les montres embarquées à bord des navires où le fer, la fonte et l'acier constituent la presque totalité du bâtiment ou des agrès. L'action du magnétisme terrestre donnerait peut-être la clef et par suite la correction de certaines anomalies que présente la marche des chronomètres à la mer.

Ces observations ont été effectuées sur une montre de poche, dite *demi-chronomètre* (échappement à ancre, balancier compensé, spiral en palladium, marche antérieurement très satisfaisante), qui a été aimantée par mégarde à l'approche d'un gros électro-aimant. Cet accident a naturellement introduit de fortes perturbations dans la marche et causé des arrêts fréquents au début (2); malgré ces difficultés, j'ai persisté à étudier les diverses circonstances qui pouvaient éclairer sur la nature de ces perturbations. Je suis arrivé finalement à mettre en évidence l'existence d'un régime régulier, et, par suite, à montrer la possibilité de corriger l'action d'un champ magnétique sur un chronomètre aimanté, soit par une formule de correction, soit par des dispositifs compensateurs.

Ce résultat est en contradiction avec l'opinion commune qu'une montre aimantée s'arrête constamment et qu'elle est devenue inutilisable à moins d'une désaimantation complète : mais la confiance dans la recherche d'un régime régulier m'avait été inspirée par les réflexions suivantes :

Les pièces d'acier *aimantables* sont les pivots, le ressort, l'ancre, le balancier et ses annexes de l'échappement. Or, en général, dans les montres de précision, tout contact direct de pièces d'acier est soigneusement évité; ces contacts ont lieu par l'intermédiaire d'une pierre dure. Donc il ne peut se produire aucune adhérence magnétique, par suite, aucun arrêt de ce chef. Toutes les actions mutuelles sont des actions à distance : beaucoup d'entre elles, comme celle des pivots, se compensent ou s'atténuent par suite de la direction de la ligne de leurs pôles vis-à-vis des pièces oscillantes de l'échappement. En tout cas, ces actions sont de deux sortes : les forces permanentes, dont la résultante peut augmenter le frottement des pivots sur les pierres, et les forces périodiques; les premières peuvent effectivement entraver la mobilité des pièces et causer leur arrêt, mais les autres agissent alternativement comme retardatrices et accélératrices : elles ont pour effet d'altérer la période du balancier, c'est-à-dire la marche diurne ainsi que son amplitude moyenne : il peut arriver cependant que cette amplitude tombe au-dessous d'une certaine limite, ce qui entraîne un arrêt. Mais si le rouage a fonctionné sans interruption pendant vingt-quatre heures, il n'y a aucun motif pour que le mouvement ne continue pas indéfiniment d'une manière identique, car le remontage quotidien remet toutes les pièces dans la même position relative. S'il se produit un arrêt, c'est qu'on a fait intervenir une force étrangère (choc, trépidation, poussières, approche d'objets aimantés).

Donc si l'on écarte toutes ces causes perturbatrices en disposant la montre aimantée sur un support stable, bien horizontal, dans une orientation fixe, elle ne doit plus s'arrêter et

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 26 novembre 1900.

(2) C'est l'effet ordinaire produit par l'aimantation; je suis porté à croire que les arrêts plus ou moins fréquents des montres aimantées (excepté celles dont l'échappement est à cylindre) ne proviennent, en général, qu'indirectement du magnétisme subitement développé. Je les attribuerais volontiers à l'attraction de poussières magnétiques qui viennent coincer les engrenages ou les pièces très mobiles de l'échappement. J'ai remarqué, en effet, qu'un léger choc fait repartir le balancier avec son amplitude ordinaire et, d'autre part, que le nettoyage pur et simple du rouage, sans essai de désaimantation, fait disparaître les arrêts pendant longtemps, probablement jusqu'à ce que d'autres poussières magnétiques s'introduisent par les fissures du boîtier; l'usure des pièces d'acier du remontage suffit d'ailleurs à les produire.

doit acquérir une marche diurne aussi constante que le permet la perfection du mécanisme.

C'est ce que je n'ai pas tardé à constater après avoir fait nettoyer soigneusement cette montre et remplacer le ressort (1) qui avait été cassé par accident : l'horloger avait eu ordre de ne rien faire pour désaimanter les pièces d'acier. Le magnétisme paraît d'ailleurs se conserver sans altération, car la montre est restée très magnétique depuis trois ans : ainsi, aujourd'hui comme à l'époque de son aimantation (janvier 1898), l'aiguille d'une petite boussole breloque placée au-dessus du balancier vibre synchroniquement comme lui par oscillations de deux cinquièmes de seconde, ou encore fait un tour complet synchroniquement à la roue d'échappement lorsqu'on approche la boussole dans le plan de cette roue à une distance et suivant une orientation convenables.

Dans ces conditions, la seule force étrangère au rouage pouvant agir sur la montre est celle du champ magnétique terrestre : j'ai donc été amené à rechercher si la marche de cette montre aimantée ne variait pas avec l'orientation du balancier relativement au méridien magnétique.

A cet effet, le support horizontal a été rendu mobile autour d'un axe vertical et la montre a été maintenue pendant un nombre de jours sensiblement constant successivement dans les quatre orientations rectangulaires N, S, E, W magnétiques, c'est-à-dire dans des positions telles que les rayons menés du centre du cadran aux heures XII, III, VI, IX fussent successivement dirigés vers le nord magnétique.

Voici les résultats des comparaisons effectuées dans ces azimuts avec une horloge à secondes (Callier n° 767, échappement à ancre, balancier compensé au mercure) dont la marche très régulière n'est que de quelques dixièmes de seconde par jour.

Dates.	Marche diurne moyenne dans les orientations.				Paramètre de la sinusoïde moyenne.	
	XII sec.	III sec.	VI sec.	IX sec.	A sec.	ω_0 degrés.
1898. Juin 20 à 1898. Juillet 12. . .	— 5,75	— 21,88	— 19,68	— 8,23	9,85	225.35
1898. Oct. 24 à 1899. Janvier 22. . .	4,54	5,78	— 0,66	5,12	7,89	226.19
1899. Avril 12 (2) à 1899. Mai 29. . . .	21,76	4,33	1,22	21,47	13,31	230.29
1899. Juin 24 à 1899. Juillet 11. . . .	24,81	14,40	4,56	21,20	10,68	251.27
1899. Nov. 14 à 1900. Avril 17. . . .	21,24	6,00	7,05	20,42	10,12	224.32
1900. Avril 23 à 1900. Juillet 5. . . .	22,13	9,25	5,87	17,98	9,23	241.46
1900. Nov. à 1900. Nov. 17. . . .	28,39	13,67	6,26	19,90	11,50	254.17
	MOYENNE.				10,37	136.21

Ainsi la variation systématique de la marche diurne avec l'orientation de la montre est d'une netteté parfaite. Ce tableau est curieux (malgré de fortes irrégularités dans les observations partielles), lorsque l'on songe à quel degré cette montre est magnétique : le régime est devenu régulier surtout à partir du deuxième nettoyage. La variation systématique est assez précise pour que les moyennes données ci-dessus représentent d'une manière satisfaisante les quatre ordonnées y_0, y_1, y_2, y_3 de la fonction sinusoïdale

$$(1) \quad y = A \sin (\omega - \omega_0) + C,$$

correspondant aux azimuts $\omega = 0, 90^\circ, 180, 270^\circ$,

$$(2) \quad \begin{cases} y_0 = -A \sin \omega_0 + C, & y_1 = A \cos \omega_0 + C, \\ y_2 = A \sin \omega_0 + C, & y_3 = -A \cos \omega_0 + C; \end{cases}$$

(1) Ce ressort était beaucoup moins aimanté que je ne l'eusse supposé ; il ne présentait que des traces de magnétisme périodiquement distribuées sur chaque spire d'enroulement dans le barillet.

(2) La montre a été de nouveau nettoyée après quelques arrêts : depuis cette époque, aucun arrêt spontané n'a eu lieu.

on en déduit les deux paramètres A et ω_0 de la sinusoïde

$$(3) \quad \text{tang } \omega_0 = -\frac{y_0 - y_2}{y_1 - y_3}, \quad A^2 = \left(\frac{y_0 - y_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{y_1 - y_3}{2}\right)^2.$$

Le nombre des données étant supérieur d'une unité au nombre des paramètres de l'équation (1), il existe une relation nécessaire entre les quatre données

$$(4) \quad y_0 + y_2 = y_1 + y_3 = 2 C.$$

Cette relation n'est satisfaite qu'approximativement dans le tableau précédent : mais le peu de précision des données ne m'a pas paru justifier l'emploi de la méthode des moindres carrés pour le calcul des deux paramètres intéressants A et ω_0 .

Le calcul simple par les formules (3) suffit d'ailleurs pour montrer que l'état magnétique de la montre est resté sensiblement constant : la demi-amplitude moyenne des variations avec l'orientation est $10^s,37$ et l'azimut moyen du nœud ascendant de la sinusoïde, qui a peu varié, est égal à $260^s 21'$. Cette direction est sensiblement celle que prend le rayon de l'heure VIII (240^s), lorsqu'il est dirigé vers le nord, ou celui de l'heure II vers le sud ; l'axe du balancier est sur l'heure IV.

Cette loi sinusoïdale est identique à celle que doit présenter la marche d'une montre dont le cadran est vertical et orienté dans divers azimuts, lorsque le balancier est insuffisamment équilibré.

En effet, la pesanteur produit alors, si l'amplitude moyenne reste constante, un couple proportionnel à la projection verticale de l'excentricité du centre de gravité.

J'avais précisément fait, en 1890, une étude superficielle de cette erreur sur cette montre avant qu'elle eût été aimantée ; voici la série d'observations la plus complète :

	XII	III	VI	IX	A	ω_0
1890. Oct. 26 à 1891 janv. 25 . . .	$6^s,26$	$10^s,28$	$16^s,96$	$9^s,22$	$5^s,38$	$264^s 21'$

Cette série assez médiocre [car la condition (4) n'est qu'approximativement remplie] suffit cependant à vérifier que le couple dû à la pesanteur seule produit une variation du même genre que celle due au couple magnétique terrestre : les paramètres A et ω_0 n'ont naturellement aucune relation avec ceux qui précèdent.

Cette vérification est très intéressante et bien utile, parce qu'elle fait voir que la condition découverte par Phillips (*Annales des Mines*, 6^e série, t. IX, p. 321 ; 1866), pour éliminer l'influence de la pesanteur, doit s'appliquer à l'élimination de l'influence du magnétisme.

Bien que la variation systématique de la marche de la montre aimantée posée horizontalement (par conséquent soustraite à l'action perturbatrice de la pesanteur) soit visiblement due à l'action du magnétisme terrestre, j'ai voulu obtenir une vérification directe de cette influence en annulant l'action terrestre sur le balancier par celle d'un barreau aimanté compensateur ; j'y suis parvenu de la manière suivante :

J'ai taillé en liège un disque exactement de même forme que la montre, et marqué sur l'une des faces les heures XII, III, VI et IX, ainsi que la projection de l'axe du balancier situé sur le rayon de l'heure IV à 12^{mm} du centre du cadran.

Ce point a été pris comme centre d'une entaille cylindrique dans laquelle la petite boussole précitée a été encastrée. Ce liège fixé sur le support horizontal tournant décrit plus haut permet donc de placer le centre de la boussole exactement à la place où se trouve l'axe du balancier dans toutes les orientations de la montre. À l'aide d'un bras articulé convenablement assujéti sur la partie fixe du support, on approche un petit barreau aimanté vertical de manière à rendre astatique l'aiguille de la boussole : on est ainsi assuré d'avoir annulé l'influence de la terre dans le petit espace où se meut le

balancier, lorsqu'on remplace le liège par la montre orientée dans le même azimut. A chaque changement d'orientation, la même substitution de la boussole est faite et le même réglage astatique opéré.

Conformément aux prévisions, la marche diurne de la montre observée dans les quatre azimuts est restée sensiblement la même, c'est-à-dire indépendante de l'orientation.

Les irrégularités sont de l'ordre des erreurs inhérentes au mécanisme et à l'imperfection de la compensation magnétique : la vérification est donc aussi satisfaisante que possible.

Ces observations conduisent aux conclusions suivantes :

	XII	III	VI	IX
1900. Nov. 19 à nov. 27.	17°,60	18°,95	17°,10	17°,20

1° Les chronomètres de précision sont influencés par les variations du champ magnétique où ils sont placés dans une mesure qui dépend du degré d'aimantation du balancier et du spiral.

Cette influence est particulièrement à craindre à bord des bâtiments en fer, surtout par les changements de route qui modifient le champ magnétique en direction et en intensité ;

2° Il importerait donc, avant de procéder à l'étude de la marche des chronomètres, de déterminer le moment magnétique du balancier (1), muni ou non de son spiral : il est probable qu'on n'en trouvera aucun absolument dépourvu de magnétisme ;

3° Dans les observatoires où l'on étudie la marche des chronomètres, il serait nécessaire de faire régulièrement (2) les comparaisons dans quatre azimuts rectangulaires et de noter, s'il y a lieu, les variations systématiques correspondantes pour calculer la formule de correction ;

4° En tout cas, il importe de régler à 440° l'amplitude totale des oscillations du balancier, suivant la règle découverte par Phillips, afin d'éliminer l'action du couple magnétique terrestre : malheureusement, dans les chronomètres, cette amplitude est difficile à atteindre et surtout à conserver.

Enfin, par surcroît de précaution, il y aurait lieu d'essayer, dans les observatoires aussi bien qu'à bord des navires, d'envelopper chaque chronomètre dans une épaisse boîte de fonte ou de fer (comme le galvanomètre cuirassé de lord Kelvin) pour soustraire l'instrument à l'action magnétique de la terre et du navire.

Grâce à ces études ou à ces précautions, on pourrait, sinon faire abstraction du magnétisme inévitable des pièces d'acier des chronomètres, du moins déterminer, par des mesures préalables, l'importance de l'action résiduelle et la correction qui peut l'annuler.

(1) Il suffit d'observer, à une distance convenable, la déviation exercée sur un petit aimant suspendu à un fil sans torsion et muni d'un miroir. Pour ramener la mesure aux unités C. G. S., on comparera avec la déviation produite par un barreau de moment connu.

(2) Cette opération se fait quelquefois dans le cas d'anomalies extraordinaires, mais non d'une manière courante.

BIBLIOGRAPHIE

RECHERCHES RÉTROSPECTIVES SUR L'ART DE LA DISTILLATION,
par M. Desjardin, chez l'auteur, 24, rue Pavée.

C'est au moment où la science industrielle se développe dans un remarquable élan d'activité et crée chaque année les modèles d'appareils les plus inattendus, que certains savants s'attachent à reconstituer les différentes étapes franchies par chacun de nos métiers pour atteindre le degré de perfection où il s'exerce aujourd'hui. La multiplicité des *Rétrospectives* à l'Exposition de 1900 nous révèle que ce goût de la *curiosité* a passé du domaine artistique dans le domaine industriel.

Le très bel ouvrage de M. Desjardin est présenté au lecteur sous la forme même de ces *Rétrospectives*; véritable collectionneur, M. Desjardin a étalé devant un public de curieux érudits tous les documents qu'il a réunis sur le vin, l'alcool, l'eau-de-vie, l'alambic et l'alcoométrie; pour que le lecteur savoure le charme qui s'attache aux choses du passé, il a fait reproduire avec exactitude les gravures et les caractères mêmes des différents textes qu'il a cités. Mais, si nombreux que soient ces documents, il n'a pas cherché à faire de la pédagogie, à écrire un traité didactique sur l'histoire de l'industrie de l'alcool. Celui qui voudra l'écrire remerciera M. Desjardin d'avoir tiré les marrons du feu.

Voici d'abord les figures d'alambics et leurs légendes, tirées du manuscrit de la Bibliothèque de Saint-Marc à Venise (x^e siècle), qui nous donnent l'état des connaissances des alchimistes égyptiens et grecs depuis Zosime (iii^e siècle), Porphyre, Tertullien, Marie l'Égyptienne, à qui on attribue l'invention du bain-marie, Synésius, Nicandre, ... jusqu'à Dioscoride (ix^e siècle). — Voici les manuscrits syriaques qui nous apprennent l'origine des mots *alcool* et *alambic*, et nous montrent comment les savants arabes, Yeber (vin^e siècle), Rhasès, Albucacis, etc., comprenaient l'art du distillateur. — Nous arrivons au moyen âge, où les alchimistes Armand de Villeneuve, Raymond Lulle, Savonarole, Patrice, Sasèle Valentin, etc., qui se préoccupent de distiller le vin, fabriquent de l'eau ardente, ou eau-de-vie, avec l'alambic circulatoire, avec les alambics désignés pendant le moyen âge, jusqu'au xv^e ou xvi^e siècle, sous les noms du pélican, de l'ours, de la tortue, de l'hydre à une ou cinq têtes, de l'astral, des deux

frères, etc. — Voici encore l'examen des différents procédés de distillation, d'après les documents publiés au xv^e et au xvi^e siècle, d'Evonyme Philâtre, Gesner, Cardan, etc. ; au xvii^e siècle, par Robert Boyle, Kunkel, Liébaud, Glaser, Chares, etc. ; au xviii^e siècle, par Lémery, Stahl, l'abbé Pluche, Malouin, Macquer, Boerhaave, etc. ; au xix^e siècle, par Chaptal, Alègre, Duplais, etc. Voici les alambics de Lémery, de Solimani, d'Adam, de Bérard, de Chaptal, de Cellier Blumental, de Derosne et d'Egrot (1858). Enfin l'ouvrage se termine par un historique fort intéressant du dosage de l'alcool et de l'alcoométrie.

L'œuvre de M. Desjardin est pleine d'intérêt et d'érudition. Elle permettra au distillateur moderne, non pas d'accomplir de nouveaux progrès dans la fabrication de l'alcool, mais sa lecture lui fera facilement oublier l'âpreté et l'ingratitude du métier qu'il exerce.

L. LINDET.

PROCÈS-VERBAUX

Séance générale du 23 novembre 1900.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante de *M. Simon*, membre du Conseil :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Désireux d'apporter à la Société d'Encouragement et à vous-même un témoignage durable de mon attachement, j'ai l'honneur de vous informer de l'intention, où je suis, de compléter ma souscription de *membre à vie* par un versement de 1000 francs qui me permettrait de devenir *membre perpétuel*.

Si le Conseil accueille favorablement ma proposition, je lui demanderai, en même temps et conformément à l'article 41 des statuts, d'agréer comme mon successeur, au titre de membre sociétaire, mon neveu *André Simon*, lauréat de la Société d'Encouragement, actuellement manufacturier à Elbeuf, rue de Rouen, 34.

Le Conseil nomme *M. Simon* membre perpétuel, aux conditions énoncées dans sa lettre, et s'associe à *M. le Président* pour le remercier de sa générosité, ainsi que du dévouement avec lequel il se consacre aux intérêts de notre Société.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part de la mort de *M. Joseph Hinstin*, membre de la Société, l'un de ses lauréats pour ses appareils de chauffage, et se fait, auprès de la famille de *M. Hinstin*, l'interprète des regrets que laisse à la Société la perte de cet ingénieur distingué.

M. Goury, 18, rue Delambre, présente une nouvelle lime. (Arts mécaniques.)

M. Campy, 50 rue de la Villette, demande l'appui de la Société pour un moteur à air comprimé.

M. J. Garçon présente le premier fascicule de l'*Encyclopédie universelle des Industries tinctoriales*, à laquelle la Société d'Encouragement a bien voulu accorder une subvention de 1000 francs.

M. Montupet présente à la Société son *Guide pratique du Chaudronnier*. (Arts mécaniques.)

M. L. Pesce présente sa conférence sur l'*exploitation intensive des créations intellectuelles* et un projet de société pour favoriser les inventions nouvelles. (Comité de Commerce.)

M. Hollard présente son ouvrage sur la *théorie des ions et l'électrolyse*. (Arts économiques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 695 du *Bulletin* de novembre.

NOMINATION D'UN MEMBRE DU CONSEIL. — *M. Walckenaer*, ingénieur en chef des mines, est nommé membre du Conseil, au Comité des Arts mécaniques, en remplacement de *M. E. Polonceau*.

NOMINATION D'UN MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société *M. Maybluch*, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *G. Richard*.

CONFÉRENCE. — *M. G. Renaud* fait une conférence sur *Nos ports de commerce*.

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie *M. Renaud* de sa très intéressante communication, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Séance du 14 décembre 1900.

Présidence de *M. Carnot*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

MM. Héloüs et Matignon déposent un pli cacheté relatif à la *préparation des métaux réfractaires et de leurs alliages*.

M. Barbé, 50, rue Alphonse, Paris, demande une annuité pour un *système de ventilation*. (Arts économiques.)

M. P. Dumas, 142, boulevard de Grenelle, demande une annuité de brevet pour une *bicyclette*. (Arts mécaniques.)

M. Girard, 13, rue Méchain, remercie la Société pour l'annuité de brevet qui lui a été accordée pour un *allumeur électrique*.

M. Chameroi, 147, rue d'Allemagne, présente à la Société ses travaux sur les *appareils de pesage*. (Arts mécaniques.)

M. E. Pain, 8, rue Vincent, demande à la Société une subvention pour créer un petit *outillage de décorateur*. (Beaux-Arts.)

M. Moreau-Bérillon présente une brochure sur l'*Alimentation rationnelle des bêtes bovines*. (Agriculture.)

M. L. Dolone, 72, boulevard Saint-Marcel, présente un modèle de *paquebot insubmersible*. (Arts mécaniques.)

M. Marchand-Bey, 13, avenue de Vaucelles, à Chatou, présente sa *pompe centrifuge*. (Arts mécaniques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 889 du présent *Bulletin*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et adoptés les rapports de :

M. Barbet, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le *compresseur équilibré de M. Samain*.

M. Livache, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le *procédé d'émailage de M. Dormoy*.

COMMUNICATION. — *M. de Gennes* fait une communication sur la *mécanique dans les mines américaines*.

M. le Président remercie *M. de Gennes* de sa très intéressante communication, qui sera publiée au *Bulletin*.

ÉLECTION DU BUREAU POUR 1901. — Il est procédé au dépouillement des votes pour l'élection du bureau de 1901. Le nombre de ces votes n'ayant pas atteint le chiffre statutaire, l'élection est remise à la prochaine assemblée générale du 28 décembre.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN DÉCEMBRE 1900

De M. le Commissaire général d'Allemagne à l'Exposition de 1900. Guide pour l'assurance ouvrière de l'Empire allemand. Du traitement médical des ouvriers assurés contre les accidents et contre l'invalidité en Allemagne. Catalogue officiel de la Section allemande. Sammel Ausstellung, der Deutschen chemischen Industrie. Sonderkatalog der Deutscher Kollektivausstellung für Mechanik und Optik. Die deutsch Landwerthschaft auf der Weltausstellung in Paris 1900.

Les locomotives étrangères à l'Exposition universelle de 1900, par M. A. Malet. Brochure in-8, 36 pages. Extrait du *Bulletin de la Société des ingénieurs civils de France*.

Hygiène générale et rurale, par M. F. Répiton. Brochure. Valence, imprimerie Vacher.

De l'Institution of Civil Engineers London. Proceedings. Vol. CXLII. Principaux mémoires de : MM. Deane, construction des chemins de fer économiques dans la Nouvelle-Galles du Sud ; Stirling, le chemin de fer de Tocopilla ; Bell, développement de la fabrication et de l'emploi des rails dans la Grande-Bretagne ; Andrews, usure des rails d'acier dans les tunnels ; Preere, l'électricité et l'art de l'ingénieur.

De l'Encyclopédie Leauté. Analyse des gaz, par M. Pozzi-Escot, et **Travail des métaux dérivés du fer**, par M. le capitaine Gages. In-8, 200 pages. Paris, Gauthier-Villars.

De M. E. Levasseur, membre du Conseil. Influence des voies de communication au xix^e siècle. Changements survenus au xix^e siècle, dans les conditions du commerce par suite du progrès des voies et moyens de communication. Trente-deux ans d'enseignement au Collège de France. Chaire de géographie, histoire et statistique économique.

Exposé des travaux de la Chambre de commerce d'Alger. Année 1899-1900. In-8, 500 pages. Alger, typographie Jourdan.

Formulaire industriel, par M. J. Chersi. In-18, 500 pages. Paris, Carré et Naud.

Agenda agricole et vinicole, par M. V. Vermorel (1901). In-18, 200 pages. Paris, Béranger.

Annuaire de l'Imprimerie, par M. A. Muller (1901). In-18, 320 pages. Chez l'auteur, Paris, 36, rue de Seine.

L'Institut Pasteur et ses annexes. In-18, 47 pages. Paris, Faucon, 47, rue Saint-André-des-Arts.

La Mécanique à l'Exposition. L'Artillerie, par M. le colonel X... In-4, 165 pages, 205 figures. Paris, Dunod.

L'Électricité à l'Exposition. Téléphonie, par M. Montillot. In-4, 131 pages. Paris, Dunod.

De l'American Society of Mechanical Engineers. Transactions. Vol. XXI, 1900. In-8, 1117 pages. New-York.

La Librairie à l'Exposition de 1900. In-8. Paris, Cercle de la Librairie.

Donné par M. Bame. Histoire du Canal de l'Est, par M. L. Vianson. In-8, 350 pages et atlas. Nancy, Berger-Levrault.

De la part de l'Auteur. France et Chine. Traité Whampoa, Expédition de 1860, par M. Ch. Lavollée. In-8, 417 pages. Paris, Plon.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1901. Notices de M. A. Cornu, sur le **Transport électrique de la force**; celle de M. H. Poincaré sur le **Projet de revision de l'arc méridien de Quito**, et enfin la notice historique sur l'**Établissement du système métrique**, par M. Bassot. In-8 de 80 pages. Paris, Gauthier-Villars.

Donné par M. Osmond. Sur la cristallographie du fer, par MM. Osmond et Carteau. In-8, 43 p., VI pl. Extrait des Annales des mines, août 1900. Paris, Dunod.

Aperçu du régime fiscal appliqué en France depuis les temps les plus reculés jusqu'en 1791, par M. Garnault. In-8, 26 p. Paris, Challamel.

Recueils statistiques sur les métaux. Plomb, cuivre, zinc, étain, argent, nickel, aluminium et mercure, établis par la Metallgesellschaft. In-8, 74 p., Francfort, août 1900.

Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, publié par la Verein Deutscher Eisenhüttenleute de Dusseldorf. In-8, 144 p. Bagel, Dusseldorf.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Novembre au 15 Décembre 1900

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo- rantes.
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>Pc.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Rep.</i> Revue générale de chimie pure et appliquée.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer et tramways.
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>Dp.</i> Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>Rt.</i> Revue technique.
<i>E.</i> Engineering.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de la métallurgie.
<i>E'</i> The Engineer.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Ste.</i> Société internationale des Électri- ciens (Bulletin).
<i>Ef.</i> Économiste français.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de légis- lation.
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
<i>Gc.</i> Génie civil.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>USR.</i> Consular Reports to the United States Government.
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Ve- reins.
<i>Im.</i> Industrie minérale de St-Étienne.	
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	
<i>Ln.</i> La Nature.	
<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.	

AGRICULTURE

- Agronomie*, progrès en Allemagne. *Ag.* 17 Nov., 784, 1^{er} Déc., 853.
- Arachide*. Culture. *Ap.* 6 Déc., 828.
- Batteuses* à vapeur hongroises. *Ap.* 13 Déc., 868.
- Betterave** industrielle (Région à) et l'élevage. *Ap.* 6 Déc., 828.
- Influence de sa culture sur le rendement en blé. *Ag.* 8 Déc., 894.
- Bétail**. Race bovine bazadaise. *Ap.* 22 Nov., 763.
- Évaluation des aliments. *Ag.* 8 Déc., 890.
- Bœuf limousin (Le) (Girard). *Ap.* 29 Nov., 793.
- Race de Southdown. *Ap.* 13 Déc., 873.
- Défoncements* par locomotives à treuils. *Ap.* 15 Nov., 729.
- Blés**. Culture à l'école de la Réole. *Ap.* 13 Déc., 863.
- (Ensemencement des). *Ag.* 1^{er} Déc., 870.
- Cerisier*. Culture et distillation des fruits. *Ap.* 6 Déc., 831.
- Cultures spéciales*. Arrondissement de Valence. *Ag.* 1^{er} Déc., 865.
- Chiendent*. Envahissement des terres argileuses. *Ap.* 13 Déc., 864.
- Engrais minéraux*. (Emploi des). *Ag.* 17 Nov., 781.
- des scories de haut fourneau. *Eam.* 3 Nov., 517.
- Ensilage* (Bienfaits de l') (Chassant). *Ag.* 24 Nov., 825; 1, 8 Déc., 862, 906.
- Expériences agricoles* (Les). *N.* 22 Nov., 84.
- Froid industriel*. Applications au commerce des denrées agricoles (de Loverdo). *Ag.* 18 Déc., 855, 903.
- Grêle*. Emploi des canons pour la prévenir (Vermorel et Gastine). *Ag.* 17, 24 Nov., 777, 810, 906; 8, 15 Déc., 938, 947 *SNA.* Oct., 602.
- Harnais agricoles*. *Ap.* 29 Nov., 801.
- Institut agronomique* de Berlin (Risler), *SNA.* Oct., 644.
- Maïs*. Production et consommation aux États-Unis. *Ap.* 15 Nov., 721.
- Matériel agricole* à l'Exposition. *Ef.* 17 Nov., 663; *E.* 14 Déc., 755.
- Oies*. Engraissement. *Ap.* 15 Nov., 725.
- Plantes à racines pivotantes* et l'amélioration des cultures (Wagner). *Ag.* 24 Nov., 821.

- Ramie*. Machines à décortiquer (Concours des) (Delagny). *Ap.* 29 Nov., 808.
- Ravales*. Les (Ringelmann). *Ap.* 22 Nov., 760; 6 Déc., 837.
- Semoirs* en ligne (Concours de). *Ag.* 17 Nov., 780.
- à grosses graines, Planet. *Ap.* 13 Déc., 876.
- Trèfle incarnat*. Cultures dans le Sud-Ouest. *Ag.* 17 Déc., 936.
- Treuils de défoncement* actionnés par des moteurs (Ringelmann). *Ap.* 29 Nov., 804.
- Vignes**. Fumure des vignes submersibles en Gironde. *Ap.* 22 Nov., 754.
- Matériel de viticulture à l'Exposition (Ringelmann). *SNA.* Oct., 653.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer**. (Exploitation militaire des), opérations du 5^e régiment du génie pendant les manœuvres de Beauce. *Gm.* Nov., 345.
- du Midi à l'Exposition. *E.* 14 Déc., 755.
- transsibérien. *Gc.* 15 Déc., 101.
- électriques (Les). *E.* 14 Déc., 771.
- — Traction directe par courants polyphasés (Hospitalier). *Ie.* 23 Nov., 497.
- — Locomotives électriques : suppression des locomotives à vapeur (Langdon). *E.* 7, 14 Déc., 742, 748, 775; *E'* 7 Déc., 570.
- Freins Lipkowski*, Westinghouse Clarke, Durey, Georgoff, Fives-Lille. *RM.* Nov., 649, 655.
- Locomotives** à l'Exposition. *Rt.* 10 Déc., 533; *VDI.* 15 Déc., 1709.
- express 4 couplées Bredo. *E.* 23 Nov., 661.
- Tuile. *Gc.* 17 Nov., 37; *Bam.* Nov., 853.
- Compound express de Wintherthur. *E.* 17 Nov., 625; *E'* 30 Nov., 541.
- — Vauclain. *RM.* Nov., 647.
- — du Nord français. *E.* 7 Déc., 557.
- — Ouest. *Ri.* 15 Déc., 477.
- — à 3 cylindres de Wintherthur. *E.* 30 Nov., 700.
- — à 4 cylindres. Usine de Pontinoff. *Gc.* 8 Déc., 85.
- — Soupape de démarrage Von Borries. *Gc.* 24 Nov., 64.
- Hartmann à l'Exposition. *E.* 7 Déc., 736

Distributions de la vapeur dans les compound.
Rt. 10 Nov., 485.

— Panoux. *Pm.* Nov., 170.

— Tiroirs piston Aspinoll, Vauclain. *RM.* Nov., 648.

— Sablière Leach. *RM.* Nov., 649.

Wagons de grande capacité (Les) et le coût du trafic (Thinberrow). *E.* 23, 30 Nov., 680, 716.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles à l'Exposition. *E.* 16, 23 Nov.; *G.* 8, 653.

— Crise de l'industrie (La). 22 Nov., 149; 13 Déc., 807.

— Traction sur route (Hele Shaw). *SA.* 7 Déc., 32.

— à pétrole (Les) *VDI.* 15 Déc., 1729.

— — Darracq. *La.* 29 Nov., 770.

— — Legrand. *La.* 13 Déc., 802.

— — Daimler. *Sl.*, 808.

— — Heirman. *La.* 6 Déc., 786.

— — Société de Nesselndorf. *E.* 14 Déc., 762.

— à l'alcool. *La.* 15 Nov., 740, 742.

— à vapeur. Omnibus Turgan. *La.* 15 Nov., 738.

— — Stanley. *RM.* Nov., 653.

— — Tombereau Mann. *Ri.* 14 Déc., 459.

— électriques. Moteur de la Vereinigte Electricitäts. *EE.* 24 Nov., 308.

— Changement de marche. Levassor et de Boisse. *La.* 6 Déc., 790.

— Transmissions Henriot Schwizer, Panhard-Levassor. *RM.* Nov., 656.

Rouleau compresseur électrique Sarrasin. *Bam.* Nov., 896.

Tramways. (Congrès des). *Gc.* 17 Nov., 46.

— électriques triphasés (Hospitalier). *Ie.* 23 Nov., 497.

— — Système de distribution à adopter pour les grands réseaux. *Elé.* 23 Nov., 343.

— — de Leeds. *E'.* 14 Déc., 589.

— — par accumulateurs. *Elé.* 13 Déc., 373.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène en Allemagne. *E.* 14 Déc., 581.

Acides. Préparation d'un acide étalon exact (Higgins). *Cs.* 30 Nov., 958.

Acide sulfurique arsenical. *E.* 14 Déc., 772.

Acidimétrie. L'électrolyse du sulfate de cuivre comme base pour l'acidimétrie (Kohn). *Cs.* 30 Nov., 962.

Acoustique. Acoumètre Marage. Formation des voyelles. *Ln.* 1^{er} Déc., 11.

Air (Gaz combustible, de l'). Présence de l'hydrogène libre (Gauthier). *ScP.* 5 Déc., 884.

Alcool. Appareil à rectifier du gouvernement russe. *E.* 17 Nov., 619.

— méthylique, son absence dans les rhums. *Pc.* 1^{er} Déc., 503.

Ammoniaque liquide (Conductibilité des solutions dans l') (Franklin et Kraus). *ScP.* 20 Nov., 860.

— Action sur le chlorure et le bromure de fer (Fowler). *CN.* 23 Nov., 245.

Azote. Combinaison directe avec les métaux des terres rares (Matignon). *CR.* 19 Nov., 837.

Brasserie. Divers. *Cs.* 30 Nov., 1029.

Carbure de Samarium (Moissan). *CR.* 3 Déc., 924.

Cadmium (Sélénure de) (Fonzes Deacon). *CR.* 26 Nov., 895.

Camphre. Constitution de l'acide camphorique (Blanc). *CR.* 12 Nov., 803.

Cocoutchouc (Nature du) (O. Weber). *Ms.* Déc., 810.

Céramique. Faïencerie de Schmerbeck. *VDI.* 24 Nov., 1592.

— Divers. *Cs.* 30 Nov., 1015.

Céruse. Procédé Bailey. *Eam.* 8 Déc., 668.

Chaleur spécifique de l'eau de 0° à 100°, détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur (Barnes). *RSL.* 14 Nov., 238.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 30 Nov., 1015.

— Agglomérés argilo-calcaires. Schwarz. *Rs.* 17 Nov., 637; *Gc.* 1^{er} Déc., 77.

— Béton et son mode d'emploi. *Le Ciment.* Nov., 162.

— Détermination du dosage convenable du ciment brut. *Le Ciment.* Nov., 166.

Chlore (Heptoxyde de). *CN.* 7 Déc., 272.

Camphre de citron (Theulier). *RCp.* 5 Déc., 421.

Chaleur spécifique moléculaire des composés 30 Nov., 982.

— Gazomètre à pression constante ou variable Riban. *Re.* 24 Nov., 454.

Cuivre, précipitation et séparation en disso-

- lution alcaline iodée par le sulfate et l'hydrochlorate d'hydrazine (Jan-nash et Biedermann). *CN.* 14 *Déc.*, 283.
- Cuivre.** Sulfocyanures de cuivre et d'argent en analyse gravimétrique (Van Nome). *American Journal of Science.* *Déc.*, 451.
- Dosage du manganèse comme pyro-phosphate (Bottger). *C.N.* 23 *Nov.*, 247.
 - — de l'arsenic, nouvelle méthode (Ducru). *CR.* 26 *Nov.*, 886.
 - — du tungstène dans l'acier (Bagley Briarley). *C.N.* 7 *Déc.*, 270.
 - Mercure, dosage par le thiosulfate de soude (Norton). *C.N.* 16 *Nov.*, 235.
 - Argent, dosage volumétrique (Andreus). *C.N.* 11 *Déc.*, 283.
 - Préparation préliminaire, à la source même, de la recherche des métaux contenus en très faibles proportions dans les eaux minérales (Garrigou). *CR.* 26 *Nov.*, 897.
 - Recherche de l'acide salicylique dans les vins (F. da Silva). *Ms. Déc.*, 810.
 - Graisses. Extracteur Penny. *Cs.* 30 *Nov.*, 1043.
- Luteol** (Le). (Gloess et Bernard). *Ms. Déc.*, 809.
- Molybdène et ses oxydes.** Action de la vapeur d'eau et des mélanges de vapeur d'eau et d'hydrogène (Guichard). *CR.* 10 *Déc.*, 998.
- Optique.** Examen spectroscopique des couleurs produites par les contrastes simultanéés (Burch). *RSL.* 14 *Nov.*, 226.
- Nouvel analyseur à pénombre (de Lepinay). *CR.* 19 *Nov.*, 832.
- Papier.** (Industrie du) à l'Exposition. (De la Croix). *Gc.* 17-24 *Nov.*, 4058.
- au sulfite. Liqueurs résiduelles. *Cs.* 30 *Nov.*, 1033.
- Pectines** (État actuel de nos connaissances sur les) (Goyaud). *Rep.* 5 *Déc.*, 417.
- Pétrole.** Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1001.
- Point d'inflammabilité et de combustibilité des huiles minérales de graissage (Kunkler). *Ms. Déc.*, 819.
 - Essais (Uniformisation des). (Charitsch-gazeux formés avec condensation (Ponsot). *CR.* 10 *Déc.*, 990.
- Cristallisation.** Limite de l'état cristallin (Perrin). *Rgs.* 30 *Nov.*, 1218.
- Cristallisation.** Signification des formes cristallines (Mosell). *Fi. Déc.*, 441.
- Cryoscopie** (Recherches de) (Chroustchouff). *CR.* 20 *Nov.*, 833.
- Désinfectants.** (Comparaison des) (Kronig et Sawey). *Cs.* 30 *Nov.*, 1033.
- Eaux.** Dosage de la chaux (Grosselin). *Pe. Déc.*, 228.
- Écoulement du marbre,** étude expérimentale (Adams et Nicholson). *RSL.* 14 *Nov.*, 228.
- Égouts.** Ferme d'épandage du camp d'Aldershot. *E.* 30 *Nov.*, 693.
- destructeurs de Syracuse. *E'*. 7 *Déc.*, 364.
 - de Londres (Traitement des) (Clowes). *SA.* 14 *Déc.*, 45.
 - De Paris. *E.* 14 *Déc.*, 582.
- Essences et parfums.** Essence de citron (Theulier). *RCp.* 20 *Nov.*, 379.
- de rose allemande. *Cs.* 30 *Nov.*, 1037.
 - Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 10341.
- Explosifs.** Poudre sans fumée (Aspinall). *Ms. Déc.*, 829.
- Stabilité du fulmi-coton et de la poudre sans fumée; essais (Gutmann). *Ms. Déc.*, 831.
 - Divers. *Cs.* 3 *Nov.*, 1038.
- Gaz et vapeur.** Propriétés thermodynamiques (Callendar). *RSL.* 14 *Nov.*, 1900.
- Gaz d'éclairage.** Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 998.
- Gazomètres de Birmingham. *E'*. 7 *Déc.*, 561.
 - à l'Exposition. *Gc.* 15 *Déc.*, 89, 109.
 - et fours à coke (Weichell). *Cs.* 30 *Nov.*, 998.
 - Becs incandescents. *Cs.* 30 *Nov.*, 999; Welsbach. *Fi. Déc.*, 406.
- Glycérines** (Essais des). (Ferrier). *Ms. Déc.*, 808.
- Laboratoire.** Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1040.
- National de physique de Londres, année 1899; *Cs.* 30 *Nov.*, 1046.
 - Acier (analyse des). Bibliographie (Briearley). *C.N.* 23 *Nov.*, 14 *Déc.*, 245, 281
 - Analyse électrolytique (Marshall). *Cs.* 30 *Nov.*, 992.
 - Analyse des acides nitrique et mixtes par le nitromètre. Lunge Pont. *Cs.* koft). *Cs.* 30 *Nov.*, 1003.
 - Mise en valeur des rebuts de l'industrie des pétroles (Wisichen). (*Id.*), 821.
 - de Shiste, composition. *Cs.* 30 *Nov.*, 987.

- Laboratoire.** Huile de paraffine et pétrole (Stenart). *Cs.* 30 Nov., 989.
- Plasticité des corps solides** et formation des roches (Spring). *CN.* 23 Nov., 248.
- Plâtre.** Dosage des incuits et des surcuits dans le plâtre de Paris des fours cuilés (Périn). *CR.* 3 Déc., 950.
- Physique expérimentale et mathématique** (Relation entre les). (Poincaré). *Rgds.* 15 Nov., 1163.
- Quinones** (Thermochimie des). *ACP.* Déc., 470.
- Résines et vernis.** Divers. *Cs.* 30 Nov., 1025.
- Sélénium.** Formes allotropiques (Saunders). *CN.* 16 Nov., 236; 7-14 Déc., 273, 288.
- Sucrierie.** Analyse des moûts de saccharification par le malt (Petit). *Ms.* Déc., 797.
- Divers. *Cs.* 30 Nov., 1027.
 - Dissolution de la chaux dans les dissolutions saccharines (Weisberg). *CN.* 14 Déc., 284.
- Tannerie.** Divers. *Cs.* Nov., 1026.
- Teintures.** Divers. *Mc.* 1^{er} Déc., 383; *Cs.* 30 Nov., 1004.
- Composition du pigment orange (Griffiths et Warren). *ScP.* 20 Nov., 874.
 - Expériences sur la théorie de la teinture (Sisley). *ScP.* 20 Nov., 865.
 - Les matières colorantes et leurs applications à la teinture et à l'impression (Thomas). *Rep.* 20 Nov., 387.
 - Indigo. État de l'industrie. *N.* 29 Nov., 111.
 - Extraction des plantes indigofères (Calmette). *MC.* 1^{er} Déc., 381.
 - Applications de l'acide lactique dans l'impression des tissus (Oswald). *SiM.* Sept., 343.
 - Peaux et cuirs (Lanis et Procter). *MC.* 1^{er} Déc., 370.
 - Matières colorantes et astringentes extraites de l'écorce du Caj. Da (Lefeuvre). *MC.* 1^{er} Déc., 382.
 - Brevets français. *Mc.* 1^{er} Déc., 393; anglais. *Cs.* 30 Nov., 1009.
 - Benzidine, production électrolytique. *Cs.* 30 Nov., 1005, 1011, 1012.
- Terres rares** (Combinaison de l'hydrogène avec les métaux des) (Matignon). *CR.* 20 Nov., 891.
- Thallium.** Dosage volumétrique (Marshall). *Cs.* 30 Nov., 994.
- Thermométrie.** Mesure des hautes températures (Miller). *Cs.* 30 Nov., 996.
- Verrerie.** Polissoir pour glaces de Saint-Gobain. *RM.* Nov., 632.
- A l'Exposition. *Ef.* 15 Déc., 807.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Abyssinie** (L'). *Ef.* 8 Déc., 780.
- Accidents** (Loi sur les), en Amérique, *DoL.* Nov., 1137.
- Acier** (Concurrence dans l'industrie de l'). *E.* 7 Déc., 739.
- Allemagne** (Mouvement social et action catholique en). *Rso.* 16 Déc., 881.
- Assistance publique en France.** *Ef.* 17 Nov., 665.
- Assurances ouvrières.** Relations entre les diverses branches (Bellom). *Rso.* 15 Nov., 741.
- Belgique.** Tarif officiel des douanes. *SL.* Nov., 534.
- Berlin.** Circulation et voies de communication. *Ef.* 17 Nov., 667.
- Brevets.** Examen préalable. *E.* 23 Nov., 671 (Wise); *Cs.* 30 Nov., 963.
- Chili** (Œuvres sociales au). *Rso.* 1^{er} Déc., 844.
- Colonisation française,** d'après le rapport de la commission du budget. *Ef.* 1^{er} Déc., 733.
- Coopération et mutualité** (Cheysson). *Rso.* 1^{er} Déc., 801.
- Chine.** La question chinoise (de Bloch). *Rs.* 17 Nov., 618.
- Chômage** (Le). (Clément). *Rso.* 15 Nov., 769.
- Conseils du travail** (Les). *Ef.* 24 Nov., 699.
- Égypte** depuis 20 ans. *Ef.* 1^{er} Déc., 737.
- Établissements charitables** (Les). (H. Valleroux). *Rso.* 15 Nov., 763.
- États-Unis.** Recensement. *Ef.* 17 Nov., 673.
- France.** Population en 1800 et 1900 (Des Cilleuls). *Rso.* 1, 13 Déc., 853, 94; *Ef.* 8 Déc., 778.
- État stationnaire et remèdes. *Ef.* 15 Déc., 809.
- Finlande.** Situation agricole, industrielle et commerciale. *Ef.* 17 Nov., 669.

- Métallurgie.** Extension des industries métallurgiques, pays nouveaux producteurs. *Ef.* 8 Déc., 775.
- Retraites** (Sociétés civiles de). *Ef.* 8 Déc., 773.
- Pensions de vieillesse. Loi belge. *SL.* Nov., 519.
- Revendications de la petite bourgeoisie** (Blondel). *Rso.* 1^{er} Déc., 862.
- Impôt des boissons** (Réforme de l'). *Ef.* 17 Nov., 661; 15 Déc., 805.
- Indes** (Famine aux). *Rs.* 1^{er} Déc., 698.
- Institutions patronales** aux usines Krupp. *Rso.* 15 Nov., 783.
- Pays désertiques** (Avenir des). (Souleyre). *Rs.* 1^{er} Déc., 681.
- Régime successoral.** Réforme et loi Van der Bruggen en Belgique (Legrand). *Rso.* 16 Nov., 729.
- Sucrer.** Industrie sucrière en Russie. *Ap.* 29 Nov., 790.
- Sumatra** (Schneider). *SiM.* Sept., 328.
- Vagabondage et mendicité.** Loi belge. *Ef.* 24 Nov., 704.
- Travail.** Législation française. *E.* 30 Nov., 703.
- Organisation d'après Thury (Necker). *Rso.* 13 Déc., 906.
- Verrerie ouvrière** d'Albi, sa fondation. *Musée social.* Oct.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

- Batardeaux** à bêche imperméable (Mélis). *IC.* Oct., 472.
- Chauffage.** (Appareils de) à l'Exposition. *Gc.* 15 Déc., 111.
- Exposition.** Salle des fêtes. *IC.* Oct., 449.
- Métal déployé** (Le) et ses emplois (Merratt). *Fi.* Déc., 431.
- Ponts** allemands au xix^e siècle (Mehrtens). *VDI.* 17 Nov., 1561.
- sur le Rhin à Worms. *VDI.* 1^{er} Déc., 1629.
- tournant sur la Weaver. *E.* 14 Déc., 737.
- Prison de Fresnes.** *Ac.* Nov., 168.
- Réservoir en tôle** (Forme nouvelle des). (Scifert). *VDI.* 24 Nov., 8 Déc., 1593, 1681.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs** Heinz. *Elé.* 24 Nov., 323.
- Majert. *EE.* 8 Déc., 365.
- Bouquet, Garcin Schivre. *EE.* 15 Déc., 423.
- Empâtages des accumulateurs au plomb (Peters). *EE.* 8 Déc., 383.
- Commutateurs permettant la charge de batteries à l'aide de la tension de distribution (Lewit). *EE.* 8 Déc., 387.
- Charge à potentiel constant (Heim). *EE.* 15 Déc., 425.
- Condensateurs** (Emploi des). *EE.* 17 Nov., 250.
- Conductibilités électrique et calorifique** des métaux (Rapport des) (Gruneisen). *EE.* 1^{er} Déc., 333.
- des poudres comprimées (Streintz). *EE.* 8 Déc., 402.
- Distributions** par courants alternatifs monophasés (Leblanc). *EE.* 17 Nov., 260.
- locales de 70 à 5 000 volts, inconvénients (Fontaine). *EE.* 1^{er} Déc., 360.
- Dynamos.** Division de la tension des dynamos à courants continus au moyen de bobines de self induction (Sengel). *EE.* 17 Nov., 262.
- Excitation combinée de champs magnétiques par courants continu et alternatif. *EE.* 17 Nov., 271.
- Alternateur Boucherot. *EE.* 1^{er} Déc., 342.
- triphasé de 1 000 chevaux de la Société électricité et hydraulique. *EE.* 15 Déc., 416.
- Moteurs.** Décomposition du champ alternatif d'un moteur monophasé à champ tournant (F. Eichberg). *EE.* 24 Nov., 313.
- Asynchrones (Calcul des) (F. Hinnen). *EE.* 8 Déc., 389.
- Éclairage.** Arc Hansen. *Elé.* 24 Nov., 321.
- Lampe de la Société des Téléphones. *Elé.* 8 Déc., 333.
- Incandescence. Lampes économiques (Fontaine). *EE.* 1^{er} Déc., 361.
- Électrochimie.** Condition de mise en activité de l'électricité silencieuse (Berthelot). *CR.* 12 Nov., 772.
- Divers et brevets. *Rep.* 5 Déc., 435; *Cs.* 30 Nov., 1023.

Electrochimie Électrolyse industrielle de l'eau (Garutiet Pompili. *ic.* 27 Nov., 498.

— du chlorure de calcium et formation du chlorate. *Cs.* 30 Nov., 977.

— Galvanisation électrique, progrès récents. *Rt.* 25 Nov., 508.

— à l'Exposition Borus E. 30 Nov., 690.

Interrupteur automatique pour fortes intensités. *Elé.* 8 Déc., 359.

Mesures. Méthodes permettant de déterminer le travail dans un circuit alternatif au moyen d'un ampèremètre et d'un voltmètre (Reisz). *EE.* 17 Nov., 272.

— (Appareils de) à l'Exposition (Alliamet). *SiE. Juillet*, 266. *Sept.*, 329; section allemande (Armagnat). *EE.* 1^{er} Déc., 329; Section anglaise (*Id.*). 15^e Déc., 493.

— Fabrication des rhéostats et des ponts de précision. *Elé.* 8 Déc., 356.

— Nouvel alliage pour étalon de résistance (van Aubel). *EE.* 15 Déc., 425.

— Les oscillographes. *N.* 6 Déc., 142.

— Voltmètres thermiques et wattmètres Richard. *Elé.* Déc., 369.

Oscillations électriques (Les). *E.* 14 Déc., 772.

Stations centrales à l'Exposition. Société électro-hydraulique de Liège. *E.* 17 Nov., 626; Fives Lille. (*Id.*), 627 Kolben-Carels. *Elé.* 17 Nov., 305; Van den Kerkhove Weyher et Richmond. *EE.* 17 Nov., 244, 250; Dujardin-Schneider. *Gc.* 24 Nov., 53; Brown-Boveri. *EE.* 24 Nov., 289; Ringhofer, Siemens et Halske. *Gc.* 1^{er} Déc., 69; Weyer et Richmond, Bollinckx. *EE.* 8 Déc., 363, 370; Augsburg, Nuremberg, Lahmeyer. *Gc.* Déc., 92.

— en Allemagne. *Elé.* 1^{er} Nov., 312.

— en Angleterre (Perkins). *En.* Déc., 408, 299.

— à Glasgow. *ic.*, 25 Nov., 506.

— à Chevenoz (Haute-Savoie). *ic.* 10 Déc., 521.

— Production de la force motrice (Fontaine). *EE.* 1^{er} Déc., 359.

Télégraphie sans fils. Appareil pour localiser les dépêches (Jegou). *CR.* 20 Nov., 882; *Ri.* 8 Déc., 463.

— rapide. Polok Virag. *E.* 7 Déc., 730.

Transport de force à 40 000 volts de Telluride. *Re.*, 1^{er} Déc., 481.

HYDRAULIQUE

Distribution d'eau. Enregistrement des pertes à Torquay. *E.* 16 Nov., 500.

Filtration. Valeur filtrante des alluvions modernes. *Pc.*, 1^{er} Déc., 515.

— Plomb et eau potable. *Pc.*, 1^{er} Déc., 517.

Pompes. A. Guyon. *Pm.* Nov., 174; Ashley. *E.* 14 Déc., 587.

— Petsche Ulrich, Wilton, Worthington. *RM.* 638, 660

— à air comprimé Petermann. *RM.* Nov., 661.

— hydrauliques Kaselowski. *VDI.* 15 Déc., 1712.

— Émulseur Price. *RM.* Nov., 659.

— Pulsomètre Foxwell. *RM.* Nov., 661.

Protection des rives des torrents par fascines. *Gc.*, 24 Nov., 65.

Puits artésien artificiel Sourbé. *Ap.* 6 Déc., 842.

Régularisation du Fleuve jaune (Starling). *EM.* Déc., 373.

Roue. Pelton Cassel. *Gc.* 15 Déc., 113.

Turbine Taylor. *RM.*, Nov., 662.

MARINE, NAVIGATION

Bateau électrique. Smitt et Zoon. *Elé.* 8 Déc., 333.

Canaux de l'Amérique centrale. *E.* 23 Nov., 509, 7 Déc., 560.

Construction navale aux États-Unis (Prix des). *E.* 14 Déc., 594.

Filage de l'huile. Bouée de sauvetage automatique. *Rmc.* Nov., 422.

Hélices. Appareil à mesurer leur pas. *E.* 23 Nov., 518.

Machines marines (Arbre des) (Mac Arthur). *Es.* Nov., 24.

— du Deutschland E. 23 Nov., 662, 7-14 Déc., 723, 763.

— Régulateurs (Lecornu). *RM.* Nov., 567.

Marine de guerre allemande. *Rmc.* Nov., 389.

— américaine. *Rmc.* Nov., 395.

— cuirassé Georgia. *E.* 16 Nov., 493; sous-marin Polland. *Rmc.* Nov., 377.

— Croiseurs Kerseage et Kentucky. Installations électriques. *VDI.* 24 Nov.

- 1607; 8 *Déc.* 1688; refonte du croiseur *Atlanta*. *Rmc. Nov.*, 381.
 — française, réformes. *E'*. 23 *Nov.*, 521; augmentation. *E'*. 14 *Déc.* 581.
 — anglaise. *Rmc. Nov.*, 328, 385.
 — japonaise. Cuirassé *Mikasa*. *E.* 16 *Nov.*, 637.
 — russe. Cuirassé *Novik*. *E'*. 16 *Nov.*, 486; *Borodino*. *E'*. 30 *Nov.*, 542.
 — Blindages américains. *E'*. 30 *Nov.*, 546.
Messageries maritimes (Les) à l'Exposition, 617.
Ports européens de la Méditerranée. *Ef.* 24 *Nov.*, 703.
Torpilles. Direction par la télégraphie sans fils. *Rmc. Nov.*, 375.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

- Aérostation*. La navigation aérienne (Filipi et Mocler). *Rs.* 24 *Nov.*, 647.
Chaudières à tubes d'eau, Mosher, Platt, Kestner, Petit. *RM. Nov.*, 640.
 — — dans la marine (Thwaite). *EM. Déc.*, 331.
 — Clapet d'isolement. Klinger. *E'*. 23 *Nov.*, 528.
 — Condenseurs. Pulvérisateurs pour réfrigérants Kestern. *Gc.* 8 *Déc.*, 97.
 — Économiseur Green. *Ie.* 23 *Nov.*, 502.
 — Explosions. *E'*. 16 *Nov.*, 496; de Sutton, *E'*. 14 *Déc.*, 597.
 — Foyers pour ordures ménagères. Heeman et Froude. *E'*. 30 *Nov.*, 539; Longworth Bunton et Cavagnard. *RM. Nov.*, 642.
 — — Fumivore de l'Underfeed Stoker C°. *Ri.* 17 *Nov.*, 440.
 — — au pétrole (Les). Howden (*Id.*), 643; (*Orde*). *E'*. 7 *Déc.*, 575.
 — Grille Babcox-Wilcox. *Ri.*, *Nov.*, 445.
 — Niveau d'eau Guyot. *Pm. Nov.*, 176.
 — Réchauffeur Gunning, Vernon. *RM. Nov.*, 645.
 — Prise de vapeur Close. *RM. Nov.*, 643.
 — Sifflet d'alarme Moyer. *RM. Nov.*, 643.
 — Surchauffeur Slack. *RM. Nov.*, 643; Cruse. (*Id.*) 644; Mudd. *E'*. *Déc.*, 597.
 — Soupape de sûreté Coale. *RM. Nov.*, 645.
Compteur de vapeur Gehre. *VDI.* 8 *Déc.*, 1694.
Contrôleur de rondes Picquet. *Elé.* 15 *Déc.*, 371.
Drague Brodey. *RM. Nov.*, 663.
Broyeur Reynolds. *RM. Nov.*, 662.

- Changement de marche*. Blomstrom. *RM. Nov.*, 669; Sloan. (*Id.*), 670.
Compresseurs Gobbe, Ostergven. *RM. Nov.*, 671.
Frottement médiat. Recherches du général Pétroff. *RM. Nov.*, 571.
Embrayage Noble. *RM. Nov.*, 671.
Froid. Machines frigorifiques. Douane, Fisher. *RM. Nov.*, 672, 673.
Graisisseurs Erbor, Vandresar, Power, Essex. *RM. Nov.*, 674.
Horloge électrique Thury. *Ie.* 23 *Nov.*, 500.
 — — Pop. *Elé.* 1^{er} *Déc.*, 340.
 — Contrôleurs de ronde. *Société d'Encouragement de Berlin*, 5 *Nov.*, 163.
Indicateur Mac Iunes, Dobbie. *E'*. 16 *Nov.*, 502.
Levage. Grues à l'Exposition. *E. Nov.*, 689.
 — — de manutention pour wagons. *E.* 30 *Nov.*, 717; Berry. *RM. Nov.*, 663.
 — Escalier circulaire Otis. *E.* 30 *Nov.*, 699.
 — Treuil roulant électrique Singre. *EE.* 24 *Nov.*, 306.
 — Crochet à air comprimé Christensen. *RM. Nov.*, 663.
 — Freins pour grues électriques. *E'*. *Nov.*, 538.
 — Pont roulant électrique Granz, de 20 tonnes. *ZOI.* 30 *Nov.*, 733; *Gc.* 13 *Déc.*, 107.
 — Monte-charge Kieffer. *Gc.* 8 *Déc.*, 97.
Machines-Outils à l'Exposition (Fischer), *VDI.* 17, 26 *Nov.*, 1557; 1613. *E'*. 23 *Nov.* (Supplément.)
 — Ateliers. Frais généraux (Arnold). *EM. Déc.*, 365. Organisation commerciale (Church) (*Id.*), 391.
 — Aciers à outils Taylor White. *Société d'Encouragement de Berlin*, 5 *Nov.*, 182. *RM.*
 — Étau-limeur Stein et Warner. *RM. Nov.*, 664.
 — — Frappeur Boyer à longue course. *E.* 15 *Déc.*, 767.
 — Marteaux à étamper Brett. *E.*, 17 *Nov.*, 628.
Machines à tailler les pignons (Monneret). *Ri.*, 17 *Nov.*, 437.
 — Mandrineur Shilling et Schurz. *RM. Nov.*, 664.
 — Tours spéciaux à l'Exposition. *E.* 17 *Nov.*, 622.
 — — Brokie A' dresser. *E.* 30 *Nov.*, 697.

Machines. Burton à 4 broches. *E.* 30 Nov., 696.

- A revolver Conradson. *E.* 30 Nov., 713; Jetter. *RM.* Nov., 667; Bardon et Drake (*Id.*), 668; Herbert, *E.* 7 Déc., 733.

- Machine à découper les disques de dynamos. *AMa.* 6 Déc., 1158.

- Machine à vis (Hakewessell et Henn). *RM.* Nov., 628.

- Riveuse Kodolitsch. *EE.* 1^{er} Déc., 350. *Ri.* 15 Déc., 478.

- Raboteuse Mathewson. *RM.* Nov., 666.

- Prange. *RM.* Nov., 665.

- Rivetage à air comprimé. *RM.* Nov., 665.

- Perceuse hydraulique Batcher. *RM.* Nov., 666.

- **Pierres.** Dresseuse Brunton. *E.* 17 Nov., 629.

- **a bois.** Moulureuse Lochman. *RM.* Nov., 624.

Moteurs à vapeur à l'Exposition Bromley.

- E.* 16 Nov., 483; Brunner (*Id.*), 30 Nov., 536; Demi-fixe Wolf. *Id.* 10 Déc., 528; Radovanovic. *Pm.* Nov., 163; Berr. de 100 chevaux, *E.* 7 Déc., 730; Escher Wyss, 1000 chevaux. *E.* 14 Déc., 583.

- à simple effet Demoulin. *RM.* Nov., 679; Reavell (*Id.*), 681.

- Triple et quadruple expansion, rendements comparatifs. *E.* 30 Nov., 531.

- Condensation dans les cylindres (Donkin). *RM.* Nov., 633.

- Distributions Richardson, Temperley, Schmotha, Buckey. *RM.* Nov., 684; Ouvertures des lumières dans les machines à tiroir unique et variable. *AMa.* 6 Déc., 1155.

- Pompes à air Edwards, Drake. *RM.* Nov., 681.

- Régulateurs marins (Lecornu). *RM.* Nov., 557; Volant Reavel et Boll (*Id.*), 684.

- Turbine Parsons (Essai d'une) de 1000 kw. *RM.* Nov., 603, 621.

- **à gaz** à l'Exposition. *E.* 16, 30 Nov., 487, 533; *VDI.* 8 Déc., 1674.

- leurs sources d'alimentation (Witz).

- Frisbie, Hogt, Heilmann. *RM.* Nov., 683.

- Von Paller, Burnell. (*Id.*), 687.

- Burgner. *AMa.* 6 Déc., 1160; *Ri.* 8 Déc., 473.

Moteurs. Station électrique de Clausthal. *E.* 23 Nov., 653.

- Au gaz Mond de 250 chevaux. *E.* 16 Nov., 493, de 500 ch. *E.* 14 Déc., 766.

- de hauts fourneaux (Wagener). *VDI.* 17 Nov., 1568. (Donkin). *EM.* Déc., 422 (Richards). *Fi.* Déc., 415.

- Crossey-Atkinson. *RM.* Nov., 684.

- à acétylène. *Ri.* 24 Nov., 448.

- **à pétrole.** Kainz. *Ln.* 1^{er} Déc.

- Haynes-Apperson Doughill. *RM.* Nov., 687, 690.

- Carburateur abeille. *Ri.* 24 Nov., 450.

Textiles à l'Exposition. *E.* Nov., 634.

Transmissions Venn Diehl. *RM.* Nov., 675.

MÉTALLURGIE

Argent. Influence de la silice sur les pertes par scorification. *Cs.* 30 Nov., 1021.

Cuivre. Poche de coulée à bascule Grates. *Eam.* 24 Nov., 610.

Émaillage mécanique Dormoy. *Gc.* 24 Nov., 61.

Fer et acier à l'Exposition. *Société d'Encouragement de Berlin.* 3 Nov., 307.

- Aciéries Krieger Dusseldorf. *SuE.* 1^{er} Déc., 1182.

- Fer et phosphore (Stead). *E.* 16 Nov., 643.

- Analyse du ferro silicium et du ferro spiegel (Ibbotson et Brearley). *CN.* 7 Déc., 269.

- Fonderie. Appareil à mouler de la Compagnie de l'Ouest. *Ri.* 1^{er} Déc., 437.

- Express Foundry. Manchester. *E.* 7 Déc., 574;

- Chimie et physique de la fonte. *Fi.* Déc., 460.

- Les produits sidérurgiques à l'Exposition. *E.* 7 Déc., 721.

Forges. Ventilateur pour forges portatives. Champion. *E.* 16 Nov., 641.

Industrie métallurgique. Situation dans le monde. *Ef.* 1^{er} Déc., 739.

MINES

Chine. Législation des Mines (Leclère). *AM.* Sept., 249.

Corindon. Mines du Canada *Eam.* 3 Nov., 519.

Exploitation mécanique des houillères des États-Unis (De Giennes). *AM.* Sept., 217.

- Fér.* Mines de Norvège. *SuE.* 15 Nov., 1139;
1^{er} Déc., 1199.
- de la Colombie anglaise (Lamb). *EM.*
Déc., 399.
- Grisou.* Explosion dans la houillère de Red-
Ash. Virginie. *Eam.* 17 Nov., 581.
- Jeaugeage des petits dépôts.* *Eam.* 24 Nov., 609.
- Machines Ingersoll* pour l'exploitation des
mines et carrières en Amérique. *Rt.*
25 Nov., 505.
- Manganèse* (Production du). *E.* 17 Nov., 634.
- Or.* District de Cripple Crick. *Eam.* 10 Nov.,
545, 577, 605, 610; 18 Déc., 635, 659;
— aux Philippines (*Id.*), 558.
- Tellurures du Colorado (Palache). *Ame-
rican journal of science.* Déc., 419.
- Pétrole.* Sud californien. *Eam.* 1^{er} Déc., 637.
- Préparation mécanique.* Trieurs magnétiques
(Smits). *SuE.* 11 Déc., 1187.
- Roulage.* Clip Hamilton. *Eam.* 3 Nov., 523.
- Sels de potasse.* Dépôt de Bleicherode. *Eam.*
3 Nov., 520.
- Serbie* (Industrie minière en) *Eam.* 3 Nov.,
523.

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS PENDANT LE DEUXIÈME SEMESTRE 1900

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

GARY (Clément), ingénieur civil des mines,
19, rue du Taur, à Toulouse.

LAVOLLAY (H.), ingénieur chimiste, à Ta-
verny.

MAYBLUH (Charles), ingénieur civil des

MM.

mines, 59, rue Rivay, à Levallois.

PIERROTET, professeur de physique, 8, rue
Monsieur-le-Prince.

ROCCA, Tassy et de Roux, fabricants d'huiles,
à Marseille.

TABLE ALPHABÉTIQUE
DES
NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE DE LA QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(Cinquième série. — Tome VI)

(La lettre (P), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

AIKEN. Laminoir, 388.
ALEXANDRE. Brevets de mécanique (P.), 690.
ARACHEQUESNE. Le critérium de l'alcool (P.), 691.

B

BALDY. Médaille de bronze, 34.
BARBÉ. Système de ventilation (P.), 887.
BÉGHIN et BESSAT. Médailles d'argent, 24.
Rapport de M. ROZÉ, 32.
BÉNARD. Rapport sur la destruction des sèves par M. BONNET, 28.
BERNARD. Alimentation du bétail (P.), 691.
BERTIN. Médaille d'or, 24. Rapport de M. HIRSCH, 26.
BINE. Médaille de bronze, 25.
BISCAREL. Verseur automatique (P.), 690.
BLANC. Prix de 500 francs Constitution du camphre. Rapport de M. LINDET, 19.
BONNET. Médaille d'or, 24. Rapport de M. BÉNARD, 25.
BOYER. Frappeur à longue course, 878.
BRIGALANT. Médaille d'or, 24.
BUQUET. Notice nécrologique de M. JORDAN, 426.

BURLIART. Protecteur pour scies circulaires. (P.), 690.

C

CALDWELL. Fabrication des convoyeurs, 680.
CALLENSTIN. Brevet de carrosserie (P.), 689.
CAMPY. Moteur à air comprimé (P.), 886.
CARNOT, A, Président. Discours de la séance des prix, 2.
CARNOT et GOUTAL. Influence de la trempe sur l'état de combinaison des éléments autres que le carbone, 56.
CARON, CREUZE, CUSSET. Médailles de bronze, 34.
CHAMEROY. Appareils de pesage (P.), 887.
CHANTEPIE. Dilatation des pâtes céramiques, 39.
CHARABOT, DUPONT et PILLET. Ouvrage sur les huiles essentielles. Prix. Rapport de M. VINCENT, 18.
CHASSELOUP-LAUBAT. Les marines de guerre modernes, 253, 456, 710.
CLAUDE. Liquéfaction de l'air, 411.
CODRON. Prix de mécanique. Rapport de MM. BRULL, POLONCEAU et SAUVAGE, 16.
COLLIGNON, secrétaire. Prix Fourcade, 13.
Rapport sur les machines élévatoires Samain, 597.

- CORNU. Action du champ magnétique terrestre sur la marche d'un chronomètre aimanté, 880.
 COUDON et BUSSARD. Prix d'agriculture. Culture de la pomme de terre alimentaire. Rapport de M. MUNTZ, 21.
 CROSS, BEVAN et BEADLE. Médaille d'or, 24.

D

- DAGAST. Ouvrages pour le prix d'agriculture (P.), 691.
 DAUBRÉE. État financier de la Société, exercice de 1899, 429.
 DAVANNE. Rapport sur les travaux de MM. ROUGERON et VIGNEROT, 30.
 DEBLEU, DROULEZ, DUCROQC. Médailles de bronze, 34.
 DE GENNES. Mécanique dans les mines américaines (P.), 888.
 DELBEKE. Médaille d'argent, 24.
 DESJARDINS. Ouvrage sur l'histoire de la distillation. Bibliographie, 884.
 D'ESPOEY. Appareil pour préserver les vignes des gelées (P.), 689.
 DEVAL. Dégradation des mortiers dans les liquides salins, 669.
 DIGEON. Inventions mécaniques (P.), 690.
 DOLONE. Paquebot insubmersible (P.), 887.
 DONNART et BOULET. Médaille d'or, 24.
 DORMOY. Procédé d'émaillage hygiénique (P.), 690.
 DUMAS. Bicyclette (P), 887.
 DWELSHAUVERS-DERY. Laboratoire de mécanique de l'Université de Liège, 59.

E

- ENFIELD. Machine à fabriquer les roues en fer, 686.

F

- FEBVRE, FIGON, FRANCONNET. Médailles de bronze, 34.
 FRÉMONT. Lignes de sciage, 687.

G

- GARELLE. Amélioration du sort du marin pêcheur (P.), 690.
 GAREON. Encyclopédie des industries tinctoriales (P.), 886.
 GEANT. Appareil pour empêcher les vols de voitures (P.), 591.
 GIRARD. Allumeur électrique, 887.
 GOURY. Lime (P.), 886.
 GRANGER. Prix de chimie de 500 francs Rapport de M. LINDET, 20.
 GRUET. Block-system automatique (P.), 690.
 GUEDON. Distribution. Rapport de M. SAUVAGE, 705.
 GUENAU. La plaine de Caen, 323, 471, 776.
 GUILLAUME. Production des alcools de bon goût (P.), 691.

H

- HAMARD, HOUDRY. Médailles de bronze, 34.
 HANNOVER. Moulage sur mica des préparations métallographiques, 210.
 HARDY. Médaille d'argent, 24. Laboratoire portatif de photographie. Rapport de M. HUET, 36.
 HASKINS. Machines à décoleter, 217.
 HILL. Fabrication des billes, 673.
 HIRSCH. Rapport sur la médaille d'or de M. BERTIN, 26.
 HOFMANN. Fusibilité des laitiers, 384.
 HOLLARD. Théorie des ions (P.), 886.
 HOWE. Progrès de la métallurgie du fer, depuis 1889, 212.
 — Don de 2500 francs pour recherches métallurgiques, 689.
 HUBER. Laminoir, 388.
 HUET. Rapport sur le laboratoire portatif de photographie du commandant HARDY, 36.
 HULETT. Déchargeur, 220.

J

- JACKS. Laminoir, 390.
 JAMES. Recueil de la fonte blanche, 550.

JAMIN. Médaille de bronze, 25.
 JAMIN (A.). Appareil de sauvetage, (P.), 690.
 JORDAN. Notice nécrologique, 10.

K

KINNAM. Perceuse, 398.
 KOUDINJY. L'industrie dans l'Oural, 99.
 KOURMANOW. Combinaisons nouvelles des métaux, 345.

L

LAC, LAFOSSE, LEROY, LEBAS. Médailles de bronze, 35.
 LAFAY. Déformation des corps élastiques, 413.
 LAMARD. Moulin à vent (P.), 689.
 LE CHATELIER. (H.). Développement et propagation de l'onde explosive, 94.
 — Propagation des ondes condensées dans les gaz chauds, 96.
 — La fonte malléable, 549.
 — Technique de la métallographie microscopique, 365.
 — Fer et acier au point de vue de la doctrine des phases, 661.
 — Tube broyeur Dona, 449.
 LECORNU. Note sur le volant élastique, 230.
 LENEVEU. Médaille d'or, 24. Rapport de M. ROZÉ, 27.
 LEROUX et REVEL. Médaille d'argent, 24.
 LINDET. Rapports sur les travaux de MM. BLANC et GRANGER, 16, 17.
 — Origines du moulin à blé, 129.
 — Bibliographie de l'ouvrage de M. DESJARDINS « Recherches rétrospectives » sur l'art de la distillation, 884.

M

MAHL DE NITIS. Chaudière oléothermique (P.), 690.
 MATROL, MISTRICH. Médailles de bronze, 35.
 MARCHAND BEY. Pompes centrifuges (P.), 887.

MARION, MICAULT. Médaille d'argent, 24.
 MASCART. Rapport sur les titres de M. POTIER à la grande médaille d'Ampère, 13.
 MAYER. Notice nécrologique, 11.
 MELLANDRY. Économie des machines à triple et quadruple expansion, 873.
 MÉNÉTRIER. Système de navires (P.), 690.
 MEUNIER. Mélanges explosifs d'air et de vapeurs d'hydrocarbures, 580.
 MITCHELL. Haveuse, 568.
 MINE. Trafic au port de Dunkerque (P.), 690.
 MONTUPET. Guide pratique du chaudronnier (P.), 884.
 MORISSON. Laminoir, 397.
 MUNTZ. Rapport sur le prix pour la culture de la pomme de terre, 21. Sur la *végétaline* de MM. ROCCA, TASSY et DE ROUX, 709.
 MURPHY. Laminoir, 224.

N

NAVIAU. Lauréat du prix Fourcade, 15.
 NEWTON. Raboteuse radiale, 683.

O

OSMOND. Fer et Acier au point de vue de la doctrine des phases, 652.

P

PAIN. Outillage de décorateur (P.), 887.
 PERSOZ. Médaille d'argent, 25.
 PESCE, Exploitation des créations intellectuelles (P.), 886.
 POLONCEAU. Notice nécrologique, 11.
 PORLIER. Médaille de bronze, 35.
 POTER (A.). Grande médaille d'Ampère, 7.
 — Rapport de M. MASCART, 13.

R

RENAUD. Nos Ports de commerce (P.), 887.
 RICHARD (G.). Littérature des périodiques, 119, 246, 417, 587, 697, 891.
 — Notes de mécanique, 59, 220, 388, 568, 673, 869.
 RIVIÈRE, ROUSSEAU. Médailles de bronze, 35.

ROBERTS-AUSTEN. Progrès de la métallurgie, 552.

ROCCA, TASSY et DE ROUX. Végétaline. Rapport de M. MUNTZ, 709.

ROCHET, CUENOT et MESNAGER. Rapport sur l'automobilisme, 69.

ROOZEBOON. Fer et acier au point de vue de la doctrine des phases, 609.

ROUGERON-VIGNEROT. Médaille de vermeil, 34. Rapport de M. DAVANNE, 30.

ROZÉ. Rapport sur les travaux de M. LE NEVEU, 27.

— Sur la règle à calcul de M. BÉGHIN, 32.

S

SAMAIN. Machines élévatoires. Rapport de M. COLLIGNON, 597.

SAUVAGE. Filetage international. Ouverture des clefs, 671. Rapport sur la distribution de M. GUEDON, 705.

SCHABAUER. Médaille d'or, 24.

SCHERER. Médaille de bronze, 35.

SCOTT. Corrosion et rupture des arbres d'hélice, 90.

SIMON. Censeur. État financier de la Société. Exercice 1899, 444.

— Perfectionnement aux tissus par madame V^e Restignat, 446.

— Élu membre perpétuel, 886.

T

TAYLOR et MORGAN. Grue à lingots, 572.

TESSIER et NÉGRE. Cornues à gaz ondulées (P.), 690.

TISON. Médaille de bronze, 35.

TRILLAT. Médaille d'or, 24.

V

VINCENT. Rapport sur l'ouvrage de MM. CHARABOT, DUPONT et PILLET : *les Huiles essentielles*, 18.

VINCEY. Ordures ménagères de Paris. Notice monographique, 172, 510, 816.

W

WALCKENAER. Nommé membre du Conseil, 887.

WELLMANN et SINGER. Manutention pour fours de verrerie, 575.

WHITE. Bulldozers, 869.

WOODFORD. Machine à faire les clous de fer à cheval, 406.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE DE LA QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME ANNÉE
DU BULLETIN

(Cinquième série. — Tome VI.)

A

- Agriculture.** Origines du moulin à blé, par M. LINDET, 129.
— *Rothamsted*. Un demi-siècle d'expériences. Notice de M. GRANDEAU, 244.
— *La plaine de Caen*, par M. GUÉNAUX, 323. Cultures de la côte, 326. Assolements, 333. Instruments agricoles, 336. Engrais, 339. Élevage du cheval de demi-sang anglo-normand, 471. Race bovine, 777. Economie rurale, 790. Industries annexes, 806.
Air liquéfié par détente avec production de travail extérieur, par M. CLAUDE, 411.
Arbres d'hélice. Corrosion d'après M. SCOTT-Younger (G. R.), 90.
Automobilisme. (L'). Rapport de MM ROCHET, CUENOT et MESNAGER au Congrès de Mécanique, 69.

B

BIBLIOGRAPHIE

Livres reçus à la bibliothèque, 118, 583, 697, 889.

Littérature des périodiques reçus à la bibliothèque (G. R.), 119, 246, 416, 587, 697, 891.

La métallurgie du fer dans l'Oural (P. KOUNDJY), 99.

Précis historique et descriptif des végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier, par MM. ROSTAING FLEURY, PÉRCIE, DU SERT. Notice de M. LEMOINE, 234.

Recherches rétrospectives sur l'art de la distillation, par M. DESJARDINS. Notice de M. LINDET.

Rothamsted. Un demi-siècle d'expériences, par MM. LAWES et GILBERT. Notice de M. GRANDEAU, 344.

Billes. Fabrication à la Steel Ball Co. Chicago, 673.

Broyeur Dana. Rapport de M. H. LE CHATELIER, 549.

C

Céramique. Dilatation des pâtes, par M. CHANTEPIE, 39.

Chronomètres aimantés, influence du

champ magnétique terrestre, par M. CORNU, 880.

Ciments. Tube broyeur Dana. Rapport de M. H. LE CHATELIER, 449.

Conservatoire des Arts et Métiers. Programme des cours pour 1900-1901, 692.

Conveyeurs hélicoïdaux (Fabrication des). CALDWELL, 680.

D

Déchargeurs. HULETT (G. R.), 220.

Déformations de contact des corps élastiques, par M. A. LAFAY, 413.

Distribution GUÉDON. Rapport de M. SAUVAGE, 705.

E

État financier de la Société. *Exercice* 1899. Rapport de MM. DAUBRÉE et SIMON, 429.

Explosifs. Propagation et développement de l'onde explosive dans les gaz chauds, par M. H. LE CHATELIER, 96. Rôle des discontinuités dans sa propagation, par M. Vieille, 233.

Mélanges formés par l'air et les vapeurs des hydrocarbures, par M. J. MEUNIER, 580.

F

Filetage international. *Ouverture des clefs* (SAUVAGE), 671.

G

Grue à lingots Taylor et Morgan (G. R.), 562.

L

Laboratoire de mécanique de l'Université de Liège, par M. DWELSHAUVERS, DERY, 59.

Littérature des périodiques reçus à la bibliothèque, 119, 246, 416, 587, 697, 891.

M

Machines-Outils. *A forger les clous de fer à cheval* WOODFORD (G. R.), 406.

— *Perceuse et frappeurs à air comprimé* KIMMAN (G. R.), 398. Boyer, 878 (G. R.).

— *Raboteuse radiale* NEWTON (G. R.), 683.

— *Tours à décoler* HASKINS (G. R.), 227.

— *Machine Enfeldt* à fabriquer les roues en fer (G. R.), 686.

Machines à vapeur. — *Volant élastique,* par M. LECORNU, 230.

Machines élévatoires Samain. Rapport de M. COLLIGNON, 671.

Marines de guerre modernes, par DE M. CHASSELOUP-LAUBAT. Marine anglaise, 253; — autrichienne, 456. États-Unis.

Mécanique (*Notes de*) (G. R.). Sq. 220, 388, 568, 673, 869.

MÉTALLURGIE

— *du fer dans l'Oural,* d'après M. MENDERLEEF (P. KOUINDJY), 99.

— *Iron and steel Institute.* Adresse du président Sir W. ROBERTS-AUSTEN, 552.

— *Grue à lingots,* Taylor (G. R.), 572.

— **Fer et acier.** Progrès réalisés dans leur métallurgie et spécialement dans le procédé MARTIN, par M. HOWE, 212.

— *Au point de vue de la doctrine des phases,* par M. B. ROOZEBOON, 609. Observations de MM. OSMOND (652) et H. LE CHATELIER (661).

— *Laitiers* (Fusibilité des expériences sur les) d'après M. HOFMANN (H. L. C.), 334.

— *Combinaisons mutuelles des métaux,* par M. KOURNAKOW, 345.

— *Laminoirs* Murphy pour tôles minces, 224. AIKEN, HUBER MORRISON, JACKS (G. R.), 388.

— *Fonte malléable,* par M. H. L. CHATELIER, 549.

— *Retrait de la fonte blanche* (JAMES) 550.

— **Métallographie** (*Moulage sur mica des préparations pour*), par M. HANNOVER, 210.

— *Technique de la métallographie micros-*

copique par M. H. LE CHATELIER, 365.
Mines. *Havese* MITCHELL (G. R.), 568.
Mortiers. Dégradation dans les liquides salins, par M. DEVAL, 669.
Moulin à blé (Origine du), par M. LINDET, 129.

N

Notices nécrologiques de M. JORDAN, par M. BUQUET, 426.

O

Onde explosive, développement et propagation dans les gaz chauds, par M. H. LE CHATELIER, 96.
Ordures ménagères de Paris. *Notice monographique*, par M. VINCEY, 172; projet de régime nouveau, 510. Annexe, 816.

P

Papier. Plantes utilisées dans la fabrication. Notice de M. LEMOINE, 235.
Photographie. Rapport de M. HUET sur le *laboratoire portatif* de M. le commandant HARDY, 36.
Pompes américaines. Rendement (G. R.), 576.

Prix. Séance générale du 8 juin. Discours de M. A. CARNOT, président.
 2. — Rapport de M. MASCART sur les titres de M. A. POTIER à la grande médaille d'Ampère, 13. Prix FOURCADE, 15. — *Prix des machines-outils*, 16. — *Prix des arts chimiques*, 18. — *Prix d'agriculture*, 21. — *Médailles*, 24. Médailles commémoratives, — 33. Médailles de contre maîtres et d'ouvriers, 34.

S

Séances. Procès-verbaux des Séances des prix. 2 des 20 octobre (689), 9 et 23 novembre (692 et 886). 14 décembre (887). *Sciage des métaux.* Lignes de Frémont, 687.

T

Tissus. Perfectionnements apportés à leur apprêt par M^{me} V. RESTIGNAT. Rapport de M. SIMON, 446.

V

Végétaline de MM. ROCCA TASSY et ROUX. Rapport de M. MUNTZ, 709.
Verrerie. Manutention des fours WELLMANN et SINGER (G. R.), 575.
Volant élastique (LECORNU), 230.

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

PLANCHES

Cuirassé <i>Royal Sovereign</i>	270
<i>Majestic</i>	280

DESSINS

Dilatation des pâtes céramiques. — 21 figures.	40
Corrosion et rupture des arbres d'hélice. — 14 figures.	90
Les origines du moulin à vent. — 53 figures.	130
Les ordures ménagères de Paris. — 12 figures	173, 510 816
Moulage sur mica des préparations métallographiques. — 1 figure.	210
Déchargeurs Hulett. — 12 figures.	220
Laminoir Murphy. — 9 figures.	224
Décoleteur Haskins. — 11 figures.	227
Les marines de guerre moderne, Angleterre. — 58 figures	253
— Autriche. — 17 figures	457
— États-Unis. — 103 figures.	712
La Plaine de Caen. — 17 figures.	325, 470, 777
Combinaisons mutuelles des métaux. — 2 figures	352
Technique de la métallographie microscopique. — 29 figures.	370
Fusibilité des laitiers. — 4 figures	384
Laminoirs Arken, Herber, Morrison et Jacks. — 30 figures	388
Frappeur et perceuse Kimman. — 31 figures.	398
Cloutière Woodford. — 10 figures.	406
Tube broyeur Dana. — 3 figures.	449
Haveuse Mitchell. — 24 figures	568
Grue à lingots Taylor et Morgan. — 4 figures.	572
Manutention pour fours de verrerie Wellmann et Scaver. — 7 figures	575
Rendements des pompes américaines. — 2 figures.	576

Machines élévatoires Samain. — 5 figures	597
Fer et acier. Doctrine des phases. — 6 figures.	613
Fabrication des billes de la Sterl Ball. C ^o — 20 figures	673
Fabrication des convoyeurs hélicoïdaux. — 7 figures.	681
Raboteuse radiale Newton. — 8 figures.	683
Machines Enfeldt à fabriquer les roues. — 6 figures.	685
Lignes de sciage. — 4 figures.	687
Distributeur Guedon. — 1 figure.	707
Les Bulldozers. — 8 figures.	869
Économie relative des machines à vapeur à triple et quadruple expansion. — 7 figures	873
Frappeur Boyer à longue course. — 6 figures.	878

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Simon (Édouard).

677.

Tissage.

1899. Rapport présenté au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le procédé de tissage automatique, de MM. David frères, 32, rue des Tables-Claudiennes, Lyon.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1645-1648, 1 fig.

621.77.

Richard (Gustave).

Appareils de levage.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Grue électrique tournante de 150 tonnes. (*Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 2 décembre 1899.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1812-1817, 6 fig.

669.1.

Simon (Édouard).

677.

Tissage.

1899. Rapport présenté au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'Aide-Mémoire pratique de la Filature du coton, par M. P. Dupont; et sur l'Aide-Mémoire pratique de Tissage mécanique et en particulier du tissage du coton, par MM. Victor Schlumberger et Paul Dupont.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 11, p. 1649-1651.

Richard (Gustave).

Laminaires.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Laminier Kennedy.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1817-1819, 3 fig.

587.787.

Baclé (Louis).

623.9

Blindages.

1899. Les plaques de blindage, par M. L. Baclé, ingénieur civil des Mines (*fin*). (Conférence faite le 28 avril, à la Société d'Encouragement.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1652-1803, 132 fig.

Richard (Gustave).

Indicateur de pressions.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Indicateur des pressions moyennes Ripper. (*Institution of mechanical Engineers*, décembre 1899.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1819-1826, 52 fig.

621.43.

Richard (Gustave).

Chaudières.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Foyer au pétrole Ker-mode. (Extrait de l'*Engineering* du 17 novembre 1899.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1804-1806, 11 fig.

Richard (Gustave).

Moteurs à gaz.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Essai d'un moteur à gaz Westinghouse de 125 chevaux. (Extrait de l'*Engineering Record*, 9 décembre 1899.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1826-1828, 1 fig.

621.77.

Richard (Gustave).

625.12.
Chemins de fer.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Piloteuses roulantes pour chemins de fer. (Extraits de l'*Engineering News*, 16 novembre 1899, et de l'*Engineering*, 24 novembre 1899.)

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1806-1812, 9 fig.

Richard (Gustave).

Appareils de manutention.

1899. NOTES DE MÉCANIQUE. — Ravitailleur Miller.

Paris, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, décembre 1899, t. IV, 5^e série, n° 12, p. 1828-1832, 15 fig.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

SOMMAIRES BIBLIOGRAPHIQUES.

N° 12. — DÉCEMBRE 1899.

SUPPLÉMENT AU N° DE JANVIER 1900