

Titre général : Congrès international de mécanique appliquée. [Textes]

Auteur : Exposition universelle. 1889. Paris

Titre du volume :

Mots-clés : Exposition universelle (1889 ; Paris) ; Mécanique appliquée

Description : 1 vol. ([II]-VI-176 p-[2]) ; 24 cm

Adresse : Paris : Imprimerie nationale, 1890

Cote de l'exemplaire : CNAM 8 Xae 345-1

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE345.1>

Texte H Y (en 2) 8 Xae 19 / 80 493
cibles H Y (en 1) 11 Xae 9 / 34 80

CONGRÈS INTERNATIONAL 8^o Xae 345

DE

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

TENU A PARIS DU 16 AU 21 SEPTEMBRE 1889

PREMIÈRE PARTIE

COMPTES-RENDUS DES SÉANCES GÉNÉRALES
PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE SECTION
LISTES DES MEMBRES, ETC.



PARIS

E. BERNARD ET Cie, IMPRIMEURS-EDITEURS
LIBRAIRIE | IMPRIMERIE
53^{ter}. QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS | 71. RUE LA CONDAMINE, 71
1890

NOTICE⁽¹⁾

Sur la Vie et les Travaux

DE

M. EDOUARD PHILLIPS

MEMBRE DE L'INSTITUT (ACADÉMIE DES SCIENCES)
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
PRÉSIDENT DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

PAR

M. ED. COLLIGNON

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INSPECTEUR DE L'ÉCOLE DES PONTS ET CHAUSSÉES

La mort toute récente de M. Edouard Phillips nous impose le devoir de faire précéder la publication des travaux du Congrès de mécanique d'une notice résumant la vie et les travaux de notre cher président.

Edouard Phillips est né à Paris, le 21 mai 1821, d'une famille anglaise établie en France depuis plusieurs années. Entré en 1840 à l'Ecole Polytechnique sous le numéro 8, il monta au numéro 2 à la fin de la première année; il sortait en 1842, occupant la seconde place sur la liste des élèves classés dans le corps des mines. Le chef de sa promotion était Rivot, qui a acquis depuis par ses travaux de docimasie une juste célébrité. Phillips resta son ami tant que Rivot vécut. Si nous suivons Phillips à l'Ecole des Mines, nous le voyons accomplir en 1844 une mission d'études en Hongrie et Transylvanie, et l'année suivante une mission en Angleterre. Les mémoires et les journaux qu'il rapporta de ces voyages lui valurent à deux reprises, en 1845 et en 1846, les prix et les encoura-

(1) Cette notice est extraite du Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. Janvier, 1890.

gements de l'administration supérieure. Personne n'aurait pu soupçonner à cette époque la voie scientifique que Phillips devait parcourir un jour d'une manière si brillante. Il fut d'abord entraîné par son ami Rivot dans des recherches de chimie minérale. Du reste, la carrière active commençait pour le jeune ingénieur, carrière un peu tourmentée, jusqu'au jour où il abandonna sans retour les fonctions administratives pour se consacrer tout entier aux recherches scientifiques, il fut chargé en 1846, étant encore élève-ingénieur, du sous-arrondissement minéral de Carcassonne ; puis, cette même année 1846, il est nommé professeur d'exploitation à l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne. Nous le retrouvons en 1847 attaché au service des machines à vapeur du département de la Seine ; en 1848, secrétaire-adjoint de la commission centrale des machines à vapeur ; en 1849, chargé de la surveillance de l'exploitation du chemin de fer de Paris à Strasbourg. Le 7 juin 1852, il obtient sur sa demande un congé illimité, et passe au service de la Compagnie de l'Ouest, où il remplit les fonctions d'ingénieur du matériel. Pendant deux ans, de 1853 à 1855, Phillips joignit à son service près de la Compagnie un cours de mécanique et de physique élémentaire à l'Ecole des Mines de Paris. On voit qu'à Saint-Etienne d'abord, à Paris ensuite, il avait fait son apprentissage du métier de professeur.

C'est à Combes, l'illustre directeur de l'Ecole des Mines, que Phillips doit d'avoir reconnu sa véritable vocation, et d'avoir dirigé ses recherches du côté de la mécanique, et particulièrement de la mécanique appliquée. Son premier travail scientifique (1852), a pour objet la résistance et la flexion des ressorts de voiture. L'auteur emploie pour traiter la question la plus vigoureuse et la plus savante analyse ; mais il n'oublie pas de ramener à la fin les résultats de ses calculs à une forme concrète et pratique, qui fait de son mémoire un guide sûr pour les constructeurs de voitures destinées aux chemins de fer. Bientôt après Phillips se mit à étudier une question nouvelle, pour laquelle la pratique avait devancé la théorie : Stephenson venait d'imaginer la coulisse pour faire varier la détente dans les machines à vapeur. Phillips donna la théorie complète de cet organe, et substitua des tracés rationnels aux tâtonnements qui constituaient jusque-là la seule méthode suivie dans les ateliers. A peu près à la même époque, Phillips présentait comme thèse pour le

doctorat ès-sciences un mémoire sur le théorème de la moindre action dans le mouvement relatif, et sur les modifications que les forces apparentes doivent faire subir à l'énoncé. A part ce travail de mécanique pure, Phillips a généralement étudié de préférence les questions qui sont susceptibles de recevoir des applications pratiques. C'est ainsi que nous le voyons publier en 1855, dans les *Annales des Mines*, un beau mémoire sur le problème des charges roulantes. La question préoccupait vivement le monde des ingénieurs, depuis que les trains des voies ferrées passaient à toute vitesse sur les tabliers des grands ponts métalliques qu'on venait de construire. En Angleterre, une commission avait été chargée par le Parlement d'étudier le problème à un point de vue pratique. Phillips le reprit au point de vue analytique, et le mena jusqu'au bout. Les conclusions qu'il formula, et que l'observation confirme, sont de nature à rassurer les plus timorés sur l'avenir des grands ouvrages, moins sensibles que les petits aux effets du passage des charges. La solution de Phillips suppose la charge concentrée en un point unique. D'autres analystes, parcourant la voie qu'il avait ouverte, ont été plus loin depuis, et ont traité le cas où des charges roulantes continues s'avancent en couvrant une certaine longueur du tablier.

Nous arrivons au plus important travail de Phillips, celui qui a pour objet l'étude du spiral réglant des montres, et la détermination des conditions qui assurent le mieux l'isochronisme de ses oscillations (1861). Phillips a déterminé théoriquement la courbe de raccordement qui doit terminer le spiral; ce perfectionnement, obtenu *a priori* par l'analyse, est entré dans la pratique, et est adopté aujourd'hui dans la construction des chronomètres. Phillips est revenu à plusieurs reprises sur ces questions de chronométrie. Il a entrepris en dernier lieu des recherches de longue haleine, théoriques et expérimentales, sur l'élasticité des métaux, et sur la meilleure manière de rendre tautochrones les oscillations du pendule circulaire. Il est parvenu à un dispositif simple qui donne au balancier d'une horloge un tautochronisme presque rigoureux, lorsque l'écart maximum ne dépasse pas 1° à 2° .

Ces divers travaux rentrent presque tous, comme on le voit, dans la mécanique vibratoire. Phillips y a fait à plusieurs reprises un heureux usage des principes de la similitude mécanique; guidé par ces princi-

pes si féconds, il a parfois donné des solutions rapides et élégantes de problèmes qu'on chercherait vainement à résoudre par d'autres procédés. C'est ainsi, par exemple, que, voulant réaliser en petit, sur le modèle, l'épreuve d'un pont métallique à poutre droite, il imagine de faire tourner la poutre uniformément autour d'un axe vertical auquel elle est attachée par ses deux extrémités à distance invariable. La force centrifuge, réglée d'après le nombre de tours accomplis dans l'unité de temps, remplace la surcharge qui serait produite par la pesanteur, et permet de réduire les forces à l'échelle, comme on l'a fait pour les dimensions de l'ouvrage.

Si les travaux scientifiques de Phillips ont tous, à côté d'un mérite analytique incontestable, un caractère simple et pratique qui en recommande l'application, cela tient sans doute à ce que sa carrière l'a mis de bonne heure aux prises avec la réalité, et lui a fait comprendre l'intérêt des recherches théoriques en dehors des abstractions qui en forment d'ordinaire l'objet exclusif. Son passage à la Compagnie de l'Ouest est pour quelque chose, croyons-nous, dans le choix des sujets qu'il fut conduit à traiter. Phillips resta plusieurs années au service de la Compagnie. Puis il rentra au service de l'Etat, à titre d'ingénieur en service détaché. C'est dans cette situation qu'il prit successivement ses grades; il avait obtenu le grade d'aspirant en 1847; il parvint à celui d'inspecteur général de 2^e classe en 1882. Il prit sa retraite le 21 mai 1886. Il avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur le 16 août 1860, et officier le 12 juillet 1880.

En 1864 commença pour lui une nouvelle carrière, celle du professorat. Il fut nommé professeur du cours de mécanique à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, en remplacement de Belanger (1). Deux ans après, il remplaçait Edmond Bour dans l'une des chaires de mécanique à l'Ecole Polytechnique. C'était pour le professeur une lourde tâche, que celle de mener de front, dans deux grandes écoles, deux enseignements aussi importants. Phillips conserva néanmoins ses cours aux deux écoles, malgré le surcroît de fatigue qui pouvait en résulter pour lui. Il n'a

(1) C'est en novembre 1863 que commencèrent les leçons de Phillips à l'Ecole centrale, à la première et à la deuxième division réunies. En 1865, le cours fut dédoublé, et Phillips fit le cours d'hydraulique à la première division seule jusqu'en l'année 1875.

cessé d'enseigner à l'École centrale qu'en 1875; à l'École Polytechnique, il permuta en 1879 avec Bresse les fonctions de professeur contre celles d'examineur de fin d'année, et à partir de 1880, il fit passer tous les ans, aux mois de juin et de juillet, les examens de mécanique à 220 ou 230 élèves; Phillips a encore fait ses examens cette année, pour la dixième et dernière fois. La notoriété scientifique de Phillips, résultat bien mérité du caractère à la fois rationnel et pratique de toutes ses productions, l'a fait entrer dès 1868 à l'Académie des sciences, en remplacement de Foucault; il devint le doyen de la section de mécanique à la mort de Saint-Venant. Il fut aussi nommé membre de l'Académie des sciences de Lisbonne.

La santé de Phillips, qui n'avait jamais été très robuste, subissait vers cette époque une altération manifeste. Il éprouvait de fréquents retours de douleurs extrêmement aiguës, et plus d'une fois il s'est vu arrêté par des accidents qui inquiétaient vivement son entourage. Tout porte à croire qu'en acceptant l'obligation de faire les deux cours à la fois, il avait trop présumé de ses forces. Son état s'est d'ailleurs sensiblement amélioré quand il se réduisit à un cours, puis quand il renonça tout à fait aux fonctions de professeur. Le repos, après une carrière si bien remplie, lui aurait promis une belle vieillesse. Dans les réunions où nous nous rencontrons, au Comité de l'exploitation technique, par exemple, ou aux diverses commissions de l'Exposition universelle, nous avons toujours lieu d'admirer la parfaite netteté de son esprit, la puissance de son attention, l'enjouement particulier de ses propos, où il aimait à introduire parfois quelques innocentes malices. Au mois d'octobre dernier, il était monté avec nous tout en haut de la tour Eiffel, pour examiner les nouveaux appareils de sûreté qu'on venait d'ajouter aux ascenseurs. Tout le monde avait été frappé de son entrain et de sa bonne mine. L'été de 1889 avait été cependant trop lourd pour lui. Les examens de sortie à l'École Polytechnique, la participation aux travaux du jury des récompenses, la présidence d'une foule de commissions créées pour le service de l'Exposition universelle, la présidence de deux congrès qui se succédèrent coup sur coup, celui de chronométrie et celui de mécanique appliquée, auxquels il prit une part personnelle importante, toutes ces occupations si multipliées, si assujettissantes, dépassaient la mesure que la

prudence aurait réclamée. Phillips n'arriva que très tard dans la saison à sa terre de Narmont, où il allait chaque année prendre un repos de plus en plus nécessaire. Dans les premiers jours de décembre un refroidissement subit, qu'il ressentit sans pouvoir le combattre, provoqua le soir même une congestion au cerveau et une hémiplégie. Tout espoir de le sauver n'était pourtant pas perdu après cette première attaque ; il parlait de son retour prochain à Paris et de la reprise de ses occupations, quand, le 14 décembre, une nouvelle congestion est venue le frapper d'un coup dont il ne s'est pas relevé. Il avait soixante-huit ans.

Phillips n'a pas été seulement un savant distingué, d'une notoriété universelle, et dont la fin prématurée excite d'unanimes regrets. C'était avant tout un homme excellent, très aimé des siens, modeste, affable, serviable, toujours prêt à faire la part à tous, aux petits comme aux autres, et n'oubliant jamais que lui seul. Il eut des amis et il leur resta fidèle. Son œuvre scientifique, qui est considérable, préservera son nom de l'oubli, et son souvenir vivra dans le cœur de tous ceux qui l'ont connu.

COMITÉ D'ORGANISATION ⁽¹⁾.

PRÉSIDENT.

M. PHILLIPS, membre de l'Institut, inspecteur général des mines en retraite.

VICE-PRÉSIDENTS.

MM. GOTTSCHALK, membre du Comité consultatif des chemins de fer, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

FARCOT (J.), ingénieur constructeur, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

SECRÉTAIRES.

MM. TRESCA (Alfred), professeur à l'École centrale, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

NANSOUTY (Max DE), rédacteur en chef du *Génie civil*.

BOUDENOOT (Louis), ingénieur civil des mines, membre du Comité de la Société des ingénieurs civils.

MEMBRES DU COMITÉ.

MM.

ARMENGAUD (J.), ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention.

BADOIS, ingénieur-hydraulicien, constructeur de machines

¹ Le Comité d'organisation a été constitué par arrêtés ministériels en date des 24 décembre 1888 et 1^{er} mars 1889. Il a constitué son bureau dans sa séance du 10 janvier 1889.

- BAUDRY (Charles), ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction aux chemins de fer de P.-L.-M.
- BARBA, ingénieur en chef des ateliers de construction du Creusot.
- CLÉRAULT, ingénieur en chef des mines, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest.
- COLLIGNON, ingénieur en chef des ponts et chaussées, inspecteur de l'École des ponts et chaussées.
- COMBEROUSSE (DE), professeur à l'École centrale, ancien président de la Société des ingénieurs civils.
- CORNUT, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France.
- DEBIZE, ingénieur en chef des manufactures de l'État.
- DELAUNAY-BELLEVILLE, ingénieur-constructeur, membre de la Commission centrale des machines à vapeur.
- HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École nationale des mines.
- HIRSCH, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées.
- LÉVY (Michel), ingénieur en chef des mines.
- MALLET (Anatole), ingénieur, membre du Comité de la Société des ingénieurs civils.
- MIGNON, ingénieur, ancien constructeur de machines.
- PÉRISSÉ, ingénieur, vice-président de la Société des ingénieurs civils.
- POLONCEAU, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans, vice-président de la Société des ingénieurs civils.
- RICHARD, ingénieur civil des mines, directeur de la Société des constructions mécaniques spéciales.
- RICHEMOND, ingénieur, administrateur de la Société de construction de machines de Pantin.
- RICOUR, ingénieur en chef des ponts et chaussées.
- SIMON (Édouard), ingénieur, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.
- VIGREUX, ingénieur hydraulicien, professeur à l'École centrale.

COMITÉ DE PATRONAGE.

France.

- MM. LAUSSEDAT (le colonel), directeur du Conservatoire des arts et métiers, membre du Conseil supérieur de l'enseignement technique.

LÉVY (Maurice), membre de l'Institut, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur au Collège de France.
 RÉVAL, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, professeur de mécanique à l'École polytechnique.
 HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.
 EIFFEL, ingénieur, président de la Société des ingénieurs civils.
 MATHIEU, ancien ingénieur en chef des ateliers de construction du Creusot.

Alsace-Lorraine.

MM. HIRN, membre correspondant de l'Institut de France, à Colmar.
 le Président de la Société industrielle de Mulhouse.

Angleterre.

MM. BRAMWELL (Baronnet), ancien président de l'*Institution of civil engineers*.
 ANDERSON (William), *civil engineer, Erith, Kent*.
 WEBB, ingénieur en chef du matériel et de la traction du *London and North Western Railway*.
 JOULE (James Prescott), membre correspondant de l'Institut de France, à Manchester.
 MM. GALTON (le capitaine Douglas), à Londres.
 BAKER (Benjamin), ingénieur du pont du Forth.
 HUMPHRYS (Robert H.), ingénieur de la firme Humphrys Tennant and Co.
 HARTLEY WICKSTEED, ingénieur de la firme Joshua Buckton and Co.
 MARSHALL (Henry D.), ingénieur mécanicien, Britannia Iron Works.
 le Président de l'*Institution of civil engineers*.
 le Président de l'*Institution of mechanical engineers*.
 le Président de l'*Iron and Steel Institute*.

Autriche.

MM. PFAFF, ingénieur-constructeur, délégué à l'Exposition de 1878.
 GRIMBURG (VON), conseiller aulique, ancien professeur de mécanique à l'École polytechnique de Vienne.
 RADINGER (Johann), professeur de mécanique appliquée à l'École polytechnique de Vienne.

le Président de l'*osterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereins*.

Hongrie.

M. le Président de la Société des ingénieurs hongrois à Buda-Pest.

Belgique.

MM. BELPAIRE, administrateur des chemins de fer de l'État belge à Bruxelles.

KRAFT, ingénieur en chef de la Société Cockerill, à Seraing.

DWELSHAUVERS-DERY, professeur de mécanique appliquée à l'Université de Liège.

BOULVIN, ingénieur honoraire des ponts et chaussées, professeur du cours de machines à l'Université de Gand.

le Président de l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège.

le Président de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand.

le Président de l'Union des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain.

Espagne.

M. le Président de l'Association nationale des ingénieurs industriels à Madrid.

États-Unis d'Amérique.

MM. GRIMSHAW, ingénieur civil, à Philadelphie.

THURSTON, directeur du *Sibley college of Cornell university*, à Ithaca (New-York.)

EGLSTON, professeur doyen de l'École des mines, Columbia College.

le Président de l'*American society of civil engineers*.

le Président de l'*American institute of mechanical engineers*.

Hollande.

MM. BOSSCHA, directeur de l'École polytechnique de Delft.

le Président de la Société des ingénieurs hollandais.

Italie.

MM. MENABREA (Le général comte de), ambassadeur d'Italie, membre correspondant de l'Institut de France.

FERBANTE (Giovanni Batista), président de la Société des ingénieurs et architectes de Turin.

PINI (Giovanni), vice-président de la Société des ingénieurs et architectes de Florence.

Portugal.

M. le Président de la Société des ingénieurs portugais, à Lisbonne.

Russie.

MM. NICOLAS PETROFF, général-lieutenant, professeur de mécanique appliquée à l'Académie des ingénieurs militaires.

NICOLAS BELELUBSKY, conseiller d'État actuel, professeur de mécanique appliquée à l'Institut des ingénieurs des voies de communication.

KERBEDZ (DE), conseiller privé actuel, membre de la Société polytechnique impériale de Russie, membre honoraire de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg.

Suède et Norvège.

MM. ALMGREEM, directeur des chemins de fer de l'État suédois, à Stockholm.

JENSEN, professeur à l'École technique de Trondjen, Norvège.

le Président *d'Ingeniors foreningens forhandligar*, à Stockholm.

Suisse.

MM. COLLADON, membre correspondant de l'Institut de France, ingénieur, à Genève.

le Président de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes, à Lausanne.

BUREAU DU CONGRÈS.

PRÉSIDENT

M. PHILLIPS, membre de l'Institut, inspecteur général des mines en retraite.

VICE-PRÉSIDENTS

MM GOTTSCHALK. }
 J. FARCOT } vice-présidents du Comité d'organisation.
 ALMGREEN, directeur des chemins de fer de l'État Suédois.
 KRAFT, ingénieur en chef de la Société Cockerill, à Seraing.
 POLONCEAU, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans.
 RADINGER, professeur de mécanique appliquée à l'École polytechnique de Vienne.

VICE-PRÉSIDENTS HONORAIRES.

MM. BELELUBSKY, professeur de mécanique appliquée à l'Institut des Ingénieurs des voies de communication de Saint Pétersbourg.
 BRAMWELL, ancien président de l'*Institution of civil engineers*.
 COCHRANE, président de l'*Institution of mechanical engineers*.
 COMBEROUSSE (de), ancien président de la Société des ingénieurs civils de France.
 DOUGLAS GALTON (le Capitaine).
 HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, directeur de l'École nationale des mines.
 HIRN, membre correspondant de l'Institut de France.
 HIRSCH, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées et au Conservatoire des Arts et Métiers.
 MENABREA (le Général Comte de), ambassadeur d'Italie, membre correspondant de l'Institut de France.
 MICHAELIS, président de l'Institut royal des ingénieurs hollandais.
 PÉTROFF (le Général), professeur de mécanique appliquée à l'Académie des ingénieurs militaires de Saint-Pétersbourg.

SECRETAIRES

MM. Tresca (Alfred)
 Max de Nansouty
 Boudenoot
 et MM.
 Anthoni.
 Compère.
 Gouilly.
 Lattès.
 Marié.
 Pinget.
 Vallot.

} Secrétares du Comité d'organisation.

Composition des bureaux des sections :

PREMIÈRE SECTION. — *Président* : M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE; *Vice-Présidents* : MM. GOTTSCHALK et POLONCEAU; — *Secrétares* : MM. BOYER, CASALONGA et LATTÈS.

DEUXIÈME SECTION. — *Président* : M. SAUVAGE; — *Vice-Présidents* : MM. BELELUBSKY et BOUR; — *Secrétares* : MM. MARIÉ, PINGET et SVILO-KOSSITCH.

TROISIÈME SECTION. — *Président* : M. HIRSCH; — *Vice-Présidents* : MM. RICHARD ET VAN ZUYLEN; — *Secrétares* : MM. BRANCHER, DIESEL, DE NANSOUTY et TRESCA.

LISTE DES MEMBRES.

A

ACKER (Emile), ingénieur, chef de bureau des études de la compagnie des Wagons-Lits, 6, rue Volney, Paris.

d'ALBERT (Charles), ingénieur de la société anonyme Hotchkiss et C^{ie}, 21, rue des Chesneaux, Montmorency.

d'ALLEST (Jules), ingénieur, directeur des ateliers Fraissinet et C^{ie}, 40, chemin de la Madrague, Marseille.

ANDERSON (William), member of conseil institution of civil engineers, Lesney House, Erith, Kent (Angleterre).

ANTHONI (Charles-Gustave), ingénieur des arts et manufactures, 38, rue Eiffel, Levallois-Perret.

ARMENGAUD (Charles), père, ingénieur civil, 1, rue Blanche, Paris.

ARMENGAUD (Jules), jeune, ingénieur, conseil en matière de brevets d'invention, 23, boulevard de Strasbourg, Paris.

ARNODIN (Ferdinand-Joseph), ingénieur-constructeur spécial de ponts suspendus, Châteauneuf-sur-Loire (Loiret).

ARNOUX (René), ancien ingénieur de la maison Bréguet, 30, boulevard Victor-Hugo, Neuilly-sur-Seine.

ARSON, ingénieur, chef de service des usines à la compagnie parisienne du Gaz.

ASSOCIATION ALSACIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR, 12, rue de l'Ancien Hospice, Epinal (Vosges).

ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DES ÉCOLES SPÉCIALES DE GAND, 9, rue Plateau, à Gand (Belgique).

ATIENZA (José), ingénieur industriel de l'association nationale de Madrid, rue Dona Maria Coronel, 19, Séville (Espagne).

AUDEMAR (Henri), maître de Forges à Dôle (Jura).

B

BABEY (Emile), ingénieur à l'usine de Fives-Lille, rue du Commerce, Lille-Fives (Nord).

BACOT (Raymond), ancien ingénieur des constructions navales, 50, rue d'Hauteville, Paris.

BADOIS (Edmond), ingénieur, 12, rue Blanche, Paris.

BANDERALI (D.), ingénieur, chef du service central (matériel et traction) de la compagnie du Nord, 7, rue Labruyère, Paris.

BARANOWSKI (Michel), professeur de mécanique appliquée, colonel d'artillerie, Saint-Pétersbourg (Russie).

BARBA (Joseph), ingénieur en chef des usines du Creusot, au Creusot (Saône-et-Loire).

BASSÈRES (Bonaventure), ingénieur, chef du service de mécanique générale de la compagnie de Fives-Lille, 46, boulevard Maillot, Neuilly (Seine),

BAUDRY (Charles), ingénieur à la compagnie P.-L.-M., 63, rue Claude-Bernard, Paris.

BEAUDET (Edmond), ingénieur en chef des ateliers de Fives-Lille, 4, rue des Ateliers, Fives (Nord).

BELELUBSKY (Nicolas), conseiller d'état actuel, professeur de mécanique appliquée à l'institut des ingénieurs des voies et communications, 10, Zabalkousky, Saint-Pétersbourg (Russie).

BELLEVILLE (J.), ingénieur-constructeur, Saint-Denis (Seine).

BERGER Louis-André, ingénieur-constructeur à Thann (Alsace).

BERMONT (Victor-Etienne), constructeur-mécanicien, 1, 3, 5, rue du Souvenir, Lyon (Rhône).

BETOCCHI (Le commandeur), inspecteur général du génie civil italien, ministère des Travaux publics, Rome (Italie).

BIENAYMÉ, directeur des constructions navales, Toulon (Var).

BIHET (Emile), directeur des ateliers de la société des Produits à Flénu (Belgique).

BIHET (Oscar), ingénieur, directeur-gérant de la Société de Saint-Léonard (Outils), 1, rue Saint-Léonard, Liège, (Belgique).

BIVER (Alfred), directeur des glaceries de la compagnie de Saint-Gobain, 9, rue Sainte-Cécile, Paris.

BLONDEL (Edouard), constructeur-mécanicien (sous la raison commerciale E. Boyer), 3, rue du Pont à Saisons, Lille (Nord).

BLONDEL-PERQUIN (frères), ingénieurs-constructeurs, à Amiens (Somme).

BOIRE (Emile), ingénieur civil, 86, boulevard Malesherbes, Paris.

BOLLINCKX (Arthur), constructeur, 85, chaussée de Mons, Bruxelles (Belgique).

BONJOUR (Claude), ingénieur, 71, rue Lafayette, Paris.

BONNEFOND (Alexis), ingénieur civil, 10, rue Crevaux, Paris.

BONNIN (René), ingénieur, 23, boulevard de la Chapelle, Paris.

BOSSCHA (J.), secrétaire de la société hollandaise des Sciences, Harlem (Hollande).

BOUDENOOT (Louis), ingénieur des mines, 213, boulevard Saint-Germain, Paris.

BOUHEY (Étienne), père, ingénieur-constructeur, 52, avenue Daumesnil, Paris.

BOULÉ, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, 23, rue de la Boétie, Paris.

BOULVIN (Jules), ingénieur de la marine, professeur à l'école du génie civil de Gand, rue de la Petite-Boucherie, 4, Gand (Belgique).

BOUR (Léon), ingénieur, directeur de l'association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur, 15, place Perrache, Lyon (Rhône).

BOURDON (Charles-Alexandre), boulevard Magenta, 26, Paris.

BOURDON (Edouard), ingénieur-mécanicien, faubourg du Temple, 74, Paris.

BOUTILLIER, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, 24, rue de Madrid, Paris.

BOUVIER (Ad.), ingénieur, cours d'Herbouville, 65, Lyon (Rhône).

BOYER, ingénieur des arts et manufactures, 41, boulevard de la Gare, Paris.

BOYNET, 21, rue Condorcet, Paris.

- BRANCHER (Antoine), ingénieur et constructeur, chaussée d'Antin, 6, Paris.
 BRASSEUR (Victor), constructeur, 52, rue de Valenciennes, Lille (Nord).
 BRAULT (Francis), ingénieur des arts et manufactures, constructeur, Chartres (Eure-et-Loir).
 BRICKA (C.), ingénieur en chef aux chemins de fer de l'Etat, 136, boulevard Raspail, Paris.
 BRODARD (Marie-Anatole-Octave), inspecteur principal du matériel et de la traction du chemin de fer de l'Ouest, 193, rue de l'Université, Paris.
 BRONNE (Louis), ingénieur, rue Grétry, Liège (Belgique).
 BROUHOT (Charles), constructeur-mécanicien, Vierzon (Cher).
 BUTTICAZ, ingénieur au service des eaux, Genève (Suisse).

C

- CAHEN (Albert), ingénieur-conseil, 1, boulevard Saint-Denis, Paris.
 CANNON (Louis), ingénieur honoraire des mines, Boussu-les-mines, (Hainaut-Belgique).
 CAPPÀ (Scipione), ingénieur, professore di meccanica applicata alle macchine e idraulica nelle R^a Scuola di applicazione per gli Ingegneri in Torino, via della Roua 24, Torino (Italie).
 CAREZ (Ernest), ingénieur, chef de la section belge, 5, rue Jean Lafontaine, Saint-Quentin (Aisne).
 CARIÉ (Paul), ingénieur de la société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, 4, rue Murillo, Paris.
 CARPENTIER (Jules-Adrien), ancien ingénieur des manufactures de l'Etat, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, Paris.
 CASALONGA (Dominique-Antoine), ingénieur civil, 13, avenue Victor-Hugo, Paris.
 CHALIGNY (Gabriel-Joseph), ingénieur-constructeur-mécanicien, 54, rue Philippe-de-Girard, Paris (La Chapelle).
 CHEVALIER (Henri), constructeur de matériel de chemins de fer, 61, quai de Grenelle, Paris.
 CLAEYS (Isidore), ingénieur honoraire des ponts et chaussées, rue Courte de la Monnaie, 2, Gand (Belgique).
 CLAMENS (Jean-Baptiste), ingénieur-constructeur, Le Chambon-Feuergrolles (Loire).
 CLÉRAULT (Charles-Fernand), ingénieur en chef des mines, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest, 44, rue de Rome, Paris.
 CLERMONT (A.), directeur du chemin de fer « Liège-Maestricht » 54, rue André Dumont, Liège (Belgique).

COCHRANE (Charles), président of the institution of mechanical Engineers, Green Royde-Pedmore near Stourbridge (Angleterre).

COLLADON (Daniel), correspondant de l'Académie des Sciences, 1, boulevard du Pin, Genève (Suisse).

COLLIGNON (Edouard) ingénieur en chef, inspecteur de l'Ecole des ponts et chaussées, 28, rue des Saints-Pères, Paris.

DE COMBBROUSSE (Charles), ancien président de la Société des ingénieurs civils, 94, rue Saint-Lazare, Paris.

COMPAGNIE DES HAUTS-FOURNAUX, FORGES ET ACIÉRIES de Saint-Chamond (Loire).

COMPAGNIE UNIVERSELLE DU CANAL MARITIME DE SUEZ, 9, rue Charras, Paris.

COMPÈRE (Charles), ingénieur-directeur de l'association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, 66, rue de Rome, Paris.

CONTAMIN, ingénieur, 13, avenue Gourgaud, Paris.

CORNEZ (Julicien), ingénieur-constructeur, Pezuvelz, (Hainaut-Belgique).

CORNUT (Ernest), ingénieur en chef de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord, 16, rue de la Gare, Lille (Nord).

COSTE (Henry), ingénieur, 8, quai d'Occident, Lyon, (Rhône).

COURTOIS (Antoine-Hippolyte), ingénieur civil, 51, rue Balagny, Paris.

CRÉPEL HARDY, forges, fonderies et ateliers de construction, Nouzon (Ardennes).

CRUYSMANS (H.), ingénieur, Longue Rue de l'Hôpital, Anvers (Belgique).

D

DALÉAS (Paul), ingénieur civil des mines, 58, rue de Rome, Paris.

DAMEY (J.-Alexis), ingénieur-mécanicien-constructeur Dôle (Jura), bureaux : avenue Rapp, 16, Paris.

DARBLAY (Paul), manufacturier, Essonne (Seine-et-Oise).

DAYMARD (Victor-André), ingénieur en chef de la compagnie générale transatlantique, 6, rue Auber, Paris.

DECAUVILLE (ainé), ingénieur-constructeur, Petit-Bourg (Seine-et-Oise).

DECAUVILLE (Emile), ingénieur des arts et manufactures, co-gérant de la société Decauville aîné, Petit-Bourg (Seine-et-Oise).

DELACHANAL (Jean-Elie), ingénieur des arts et manufactures, 32, rue du docteur Cousture, Le Havre (Seine-Inférieure).

DELAMARE (Charles), ingénieur civil des mines, Villeparisis (Seine-et-Marne).

DELAUNAY-BELLEVILLE (Louis), ingénieur civil, boulevard de Châteaudun, 16, Saint-Denis (Seine).

DENOYELLES (L.-J.-B.), ingénieur des arts et manufactures, 19, rue de la Rochefoucauld, Paris.

DESJUZEUR (Michel), ingénieur aux aciéries de la marine, Assailly-Lorette (Loire),

DESPRET (Georges), Directeur de la manufacture de glaces de Jeumont (Nord).

DESROZIERS (Edmond-Léon), ingénieur civil des mines, 74, rue Condorcet, Paris.

DIESEL (Rodolphe), ingénieur civil, 98, rue Demours, Paris.

DIMITRI-ZERNOFF, attaché à l'Université Impériale de Moscou (Russie).

DODDMENT (Constant), ingénieur civil, 47, rue Mozart, Paris.

DONALDSON (William), civil engineer, Westminster Ch^s 3, Victoria Street, Londres (Angleterre).

DOUGLAS GALTON, Knight Commander of Order of the Bath, 12, Chester Street, Grosvenor Place, Londres (Angleterre).

DUBIAU (Paul), ingénieur-directeur de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Sud-Est, rue du Paradis, 80, Marseille.

DUBOIS (Jules), ingénieur-constructeur, Anzin (Nord).

DUBOST (Frédéric-Toussaint), ingénieur au chemin de fer de l'Est, 168, rue Lafayette, Paris.

DUCOMET (Joseph), constructeur de manomètres et instruments de précision, 20, rue des Petits-Hôtels, Paris.

DUFRESNE (Paul-Léon), ingénieur des arts et manufactures, 21, avenue de l'Opéra, Paris.

DUJARDIN (Albert), constructeur-mécanicien, 82, rue Brûle-Maison, Lille (Nord).

DUJARDIN-BEAUMETZ, Comité central des Houillères de France, 9, rue Louis-le-Grand, Paris.

DUMONTANT (Louis), ingénieur-constructeur, Nice (Alpes-Maritimes).

DUPONT (Albert), ingénieur-directeur-adjoint, de la fabrication des billets de la Banque de France, 2, rue Alfred Stevens. Paris.

DURAN (Francisco), délégué de l'association nationale des ingénieurs industriels, plaza del Ensanche, Bilbao.

DURANT (Léon), ingénieur du matériel de la compagnie d'Orléans, 4, rue des Carmes, Paris.

DURENNE, ingénieur-constructeur, Courbevoie.

DWELSHAUVERS-DERY(V.), professeur à l'Université de Liège, 5, quai Marcellis, Liège (Belgique).

DYCKOFF (Frédéric), ingénieur-constructeur, Bar-le-Duc (Meuse).

E

EGLESTON (Th.), professeur à l'école des mines de New-York, chez M. Chapper, 31, rue Saint-Guillaume, Paris.

ELINK STERK (Augustus), ingénieur du lac desséché de Harlem, Harlem (Hollande).

ELOY (Charles), directeur de la société anonyme centrale des mines de plomb et de zinc argentifères de Pontpéan, Bruz (Ille-et-Vilaine).

ELWELL (Thomas), ingénieur, 223, Avenue de Paris, Plaine Saint-Denis.

ESCHGER GHESQUIERE et C^{ie}, négociant en métaux, rue Saint-Paul, 28, Paris.

F

FARCOT (Joseph), ancien président de la Société des Ingénieurs civils, 17, avenue de la Gare, Saint-Ouen.

FEHRINGER, directeur de la Actiengesellschaft der Locomotiv fabrik vormals G. Sigl. Wiener-Neustadt (Autriche).

FLEURY (Jules-Auguste), ingénieur civil, 12, rue du Pré-au-Clercs, Paris.

FONTAINE (Eugène-Paul), ingénieur des mines, 5, rue du 29 Juillet, Paris.

FOUCHÉ (Frédéric), ingénieur-constructeur, 38, rue des Ecluses Saint-Martin, Paris.

FOULON (Victor), ingénieur des ponts et chaussées, 4, rue de la Petite Boucherie, Gand (Belgique).

FOUQUEMBERG, constructeur à Wasmes, près Mons (Belgique).

FRANÇOIS (Joseph), ingénieur-mécanicien, Seraing (Belgique).

FRANÇOIS (Nicolas), chef de service des ateliers de constructions de la Société de Cockerill, quai Cockerill, Seraing (Belgique).

FRANCOLINI, via Mattonaia, Florence (Italie).

FRANCO (Léon), Ingénieur civil des Mines, Avenue Kléber, 15, Paris.

G

GALEZOUSKI (Léopold), Ingénieur du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Etat, 40, Faubourg Bonnier, Orléans (Loiret).

GAMBARO (Paul-Arthur), Chef de Service à la Compagnie de l'Est, 159, Rue Lafayette, Paris.

- GARNIER (Emile), Ingénieur-Mécanicien, 74, Rue Oberkampf, Paris.
- GATZOUK (Alexis), Ingénieur attaché à l'Institut technologique de Saint-Pétersbourg (Russie).
- GAYDA (Jean), Ingénieur, Chef des travaux, Professeur de mécanique et de technologie à l'Ecole Diderot, Boulevard de la Villette, 60, Paris.
- GEREST (Maurice), Ingénieur civil des Mines, 47, Rue de Rivoli, Paris.
- GEVAERT (Eugène), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Rue de la Laie, 23, Louvain (Belgique).
- GEYER (Edouard), Ingénieur des Forges et Chantiers de la Méditerranée, 104, Grand Chemin de Toulon, Marseille.
- GODILLOT (Alexis-Georges), Ingénieur civil, 50, Rue d'Anjou, Paris.
- GOTTSCHALK, ancien président de la Société des Ingénieurs civils, 13, Rue Auber, Paris.
- GOULLY (Alexandre), Ingénieur, 27, Rue Garnier, Neuilly-sur-Seine, (Seine).
- GRUNER (Edouard), Ingénieur civil des Mines, 6, Rue Férou, Paris.
- GUYENET, (Constant), Ingénieur-Constructeur, 83, Boulevard Magenta, Paris.

H

- HABETS, Ingénieur au Corps des Mines, 40, Rue Fusch, Liège (Belgique).
- HALLOPEAU (Alfred), ingénieur, 24, rue de Lyon, Paris.
- HANARTE (Gustave), ingénieur civil des mines, 22, rue Bertaimont, Mons (Belgique).
- HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, directeur de l'Ecole des mines, 60, boulevard Saint-Michel, Paris.
- HAUFF (de), professeur à l'Ecole polytechnique de Vienne (Autriche).
- HEILMANN (Jean-Jacques), ingénieur en chef du service électrique de la Société Alsacienne de constructions mécaniques, Belfort.
- HENRY (Edmond-Charles-Louis), ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur civil, 5, avenue Frochot, Paris.
- HERSCHER, ingénieur civil, rue du Chemin Vert, 42, Paris.
- HERSENT (Hildevert), ingénieur civil, entrepreneur de travaux publics, 60, rue de Londres, Paris.
- HILLAIRET (André), ingénieur des arts et manufactures, constructeur de machines dynamos, 22, rue Vicq-d'Azir, Paris.
- HIRSCH (Joseph), ingénieur en chef des ponts et chaussées, 1 rue de Castiglione, Paris.
- HJALMAR LONDEN, Pavillon Finlandais, Exposition universelle, Paris.

HOLLARD (Henri), ingénieur des arts et manufactures, rue Andrieux, 3, Paris.

HORN, 16, rue Daubigny, Paris.

HOUBIGANT (Octave), ingénieur civil, Chalonnnes-sur-Loire (Maine-et-Loire).

HUBERT (Hermant), ingénieur des mines, professeur et répétiteur à l'École des mines de Liège, rue Fabry (enclos Renault), Liège (Belgique).

HUET (Adrien), ingénieur civil, Houttuinen, n° 2, Delft, (Pays-Bas).

HUGUET (Albert), ingénieur des arts et manufactures, constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, Paris.

I

IMPÉRIALI, ingénieur, Via S. Ambrogio, 5, Florence (Italie).

J

JAMBILLE (Louis), administrateur-directeur-gérant de la Société des Hauts-Fourneaux de Maubeuge, à Maubeuge (Nord).

JORDAN (Samson), ingénieur, professeur de métallurgie, à l'École centrale, 5, rue Viette, Paris.

JOUBERT (L.), administrateur de la fabrique de tubes d'Hautmont, 165, boulevard Magenta, Paris.

JOUFFRAY, ingénieur-constructeur, 17, rue Nollet, Paris.

JOUVET, ingénieur civil, 6, rue St-Thibault, Le Havre (Seine-Inférieure).

DON JUSTO DEL CASTILLO Y QUINTANA, ingénieur industriel et professeur de mécanique à Gijon (Oviédo-Espagne).

JUBÉCOURT (de), (Félix), directeur de la Faïencerie de Digoin (Saône-et-Loire).

K

KERN (Emile), ingénieur civil, 135, rue de Belleville, Paris.

KOMARNICKI (Sigismond), ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État, 3, Schwarzeberg-platz, Vienne (Autriche).

KRAFT DE LA SAULX (J.), ingénieur en chef de la Société Cockerill à Seraing (Belgique).

KREUTZBERGER (F.-G.), ingénieur mécanicien, 140, rue de Neuilly, à Puteaux.

L

LAMBERT (Henri-Félix), ingénieur-directeur de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur, rue Nicolas-Henriot, 7, Reims (Marne).

LANDSÉE (B.-A. de), ingénieur civil, 133, boulevard Malesherbes, Paris.

LANET (Joseph), constructeur, Saint-Julien en Jarrêt, près Saint-Chamond (Loire).

LANGLOIS, directeur de l'Ecole des arts et métiers de Fermo (Marches d'Ancône) (Italie).

LANIER (Georges-Gabriel), ingénieur civil et agent de brevets d'invention, 147, boulevard Magenta, Paris.

LATTÈS (Eug.), ingénieur attaché à la Banque de Paris et des Pays-Bas, secrétaire de la société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, 5, rue d'Antin, Paris.

LAVAL (Léon de), Charbonnières (Rhône),

LAVALLEY (Alexandre), sénateur, ingénieur, civil, 51, rue Rocher, Paris.

LAVISON (Emile), chef du service de la construction à la Compagnie des Fonderies et Forges de l'Orme, près Saint-Chamond (Loire).

LÉAUTÉ (Henry), ingénieur des manufactures de l'Etat, Répétiteur à l'Ecole polytechnique, 141, boulevard Malesherbes, Paris.

LEBRUN (B.), constructeur-mécanicien, Nimy, près Mons (Belgique).

LECOUTEUX (Hippolite), mécanicien, 74, rue Oberkampf, Paris.

LEDENT, directeur de l'Ecole professionnelle de Verviers (Belgique).

LEFEBVRE (Gustave), ingénieur, Compagnie parisienne du gaz, 130, faubourg Poissonnière, Paris.

LEMERCIER (Charles-Louis-Alexis-Gabriel), ingénieur des Cristalleries de Baccarat, Baccarat (Meurthe-et-Moselle).

LEMONNIER (Paul-Hippolyte), ingénieur, 5, rue de Saint-Pétersbourg, Paris.

LENGAUCHEZ (Alexandre), ingénieur civil, mécanicien, 156, boulevard Magenta, Paris.

LENOIR (Jules), ingénieur civil des mines, 18, rue Caumartin, Paris.

LEPERSONNE (Henri), directeur-général, Val Saint-Lambert (Belgique).

LEPRINCE-RINGUET (Paul), ingénieur, 2, place Wagram, Paris.

- LEROY, industriel, 7, rue Danton (Levallois-Perret) (Seine).
LESEURE, directeur de l'Ecole des mines, Saint-Etienne (Loire).
LESNIKOFF, ingénieur, Saint-Pétersbourg (Russie).
LESOURD (Georges), ingénieur des Arts et manufactures, 36, rue du Cherche-Midi, Paris.
LETORD (Alfred), ingénieur, directeur du matériel de la raffinerie Say, 123, boulevard de la Gare, Paris.
LÉVY (Michel), ingénieur en chef des Mines, rue Spontini, 26, Paris.
LOGOGE ET ROCHART, constructeurs-mécaniciens, 101 et 101 (bis), rue de Douai, Lille (Nord).
LOGRE (Jules-Louis), ingénieur de l'usine de Noisiel-sur-Marne (Seine-et-Marne).
LOTZ-BRISONNEAU, 86, quai de la Fosse, Nantes (Loire-Inférieure).
LYON (Max), représentant de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale Suisse de Zurich, 38, avenue de l'Opéra, Paris.

M

- MACEDONIO ASTORGA, ingénieur industriel au service de l'Etat et de la maison de Son Excellence Monsieur le Duc Fernan-Nunez, Calle Léon, 40, — 3^o — Drà, Madrid (Espagne).
MACQUET (Auguste), ingénieur au corps des mines, professeur de physique et d'électricité à l'Ecole des mines du Hainaut, 22, boulevard Dolez, Mons (Belgique).
MAIGRET (Henri-Léon), ingénieur industriel, 29, rue du Sentier, Paris.
MAILLET (Eugène-Louis), constructeur mécanicien, Anzin (Nord).
MALLET, ingénieur, 128 (bis), boulevard de Clichy, Paris.
MARIÉ, ingénieur de la Compagnie P.-L.-M., Gare de Lyon, cour d'arrivée, Paris.
MARÉCHAL (Alfred), ingénieur des Chemins de fer de l'Ouest, 8, rue de Thann, Paris.
MAROQUIN (Alfred), directeur-gérant à Couillet (Belgique).
MASSON (Léon-Noël), ingénieur du Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, Paris.
MATHIAS (Ferdinand), ingénieur en chef du matériel et de la traction du Chemin de fer du Nord, 81, rue de Maubeuge, Paris.
MATHIEU (Ferdinand, ingénieur, 18, rue de la Pépinière, Paris.
MATTER, ingénieur, 41, rue de Fontenelle, Rouen (Seine-Inférieure).
MAUCLÈRE (Victor), ingénieur civil, directeur des Ateliers de la Compagnie des Omnibus, 120, rue du Mont-Cenis, Paris.

MEYER (Adolphe), ingénieur (auteur des locomotives Meyer), 5, rue Brochant, Paris.

MENIER (Gaston), industriel, 56, rue de Châteaudun, Paris.

MIALANE (André), administrateur de la Société de la dynamite française, Lunas (Hérault).

MICHA, professeur à l'université de Louvain, place du Peuple, 8, Louvain (Belgique).

MICHAELIS (N.-Th.), président de l'Institut royal des ingénieurs, La Haye (Pays-Bas).

MICHAUD (Jules), ingénieur, 94, rue d'Assas, Paris.

MICHELET (Gustave), ingénieur, 6, rue Pascale, Bruxelles (Belgique).

MIGNON (J.), ingénieur, 5, place d'Iéna, Paris.

MONIER, 17, rue de la République, Marseille (Bouches-du-Rhône).

MONTEFIORE-LEVI (Georges), sénateur, 35, rue de la Science, Le Rond Chêne, par Esneux (Belgique).

MORELLE (H.), directeur général honoraire des Ponts et Chaussées, président de l'Association des ingénieurs sortis des Ecoles de Gand, Avenue Louise, 349, Bruxelles (Belgique).¹

MUNIER (Jules), constructeur-chaudronnier, Frouard (Meurthe-et-Moselle).

N

NAEYER (Louis de), industriel à Willebroeck (Belgique).

NANSOUTY (Max de), rédacteur en chef du *Génie Civil* 7, rue de la Chaussée d'Antin, Paris.

NYSTEDT-THURE, ingénieur, 405, West 33 Street, New-York (Etats-Unis d'Amérique).

O

OLIVIER (Arsène), ingénieur civil, 112, boulevard Voltaire, Paris.

OLIVIER (Lucien), ingénieur, directeur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur, 3, rue de Bréa, Nantes (Loire-inférieure).

OLRY (Emile), constructeur de machines, 83, rue Saint-Maur, Paris.

OLRY, ingénieur en chef des mines, 6 bis, cité Malheshherbes, Paris.

OUTREBON (Auguste), ingénieur civil, Lilliers, (Pas-de-Calais).

P

PARROT (Gabriel), répétiteur de construction de machines à l'École Centrale, 12, rue du Delta, Paris.

PAGELOW, ingénieur du matériel roulant des chemins de fer de l'État Suédois, Goteborg (Suède).

PAYAN (Victor), représentant de MM. Imbert frères, constructeurs à Saint-Chamond (Loire).

PELTZER (Édouard), fils, ingénieur industriel, Verviers (Belgique).

PÉRISSE (Jean-Sylvain), ingénieur civil, 12, rue de Turin, Paris.

PETITJEAN (Alphonse), président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines, 13, rue de Bruxelles, Paris.

PHILIPPART, directeur des Aciéries, Isbergues (Pas-de-Calais).

PHILLIPS, membre de l'Institut, 27, rue de Marignan, Paris.

PIAT (Albert), rue Saint-Maur, 85, 87, Paris.

PILLÉ (Auguste), ingénieur-constructeur, Creil (Oise).

PINGET (Henri-Charles-Gaston), ingénieur, 52, rue Caumartin, Paris.

PINI (Giovanni), ingénieur de l'école de Bologne, II, via Pisconjolo, Florence (Italie).

POILLON (Édouard), ingénieur des Arts et Manufactures, 7, rue Le Roux, Amiens (Somme).

POLONCEAU, ingénieur en chef de la Compagnie d'Orléans, 37, rue de Bourgogne, Paris.

POPP (Victor), 54, rue Étienne-Marcel, Paris.

POTEL (Pierre), constructeur de chaudronnerie, boulevard de la Villette, 168, Paris.

PRANGÉY (Louis), ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue Saint-Florentin, Paris.

Q

QUILLACQ (Auguste DE), constructeur de machines, Anzin (Nord).

R

RADINGER, professeur à l'École polytechnique de Vienne (Autriche).

RAFFARD (Nicolas-Jules), mécanicien-ingénieur, rue Vivienne, 16, Paris.

RENIÉ (Léon), directeur de la Société des Houillères de la Haute-Loire, Gromesnil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).

RÉSIMONT (Armand), administrateur-directeur de la Société anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, Valenciennes (Nord).

DE RIBES (Fernand), ingénieur co-gérant de la Société Christofle et C^o, 56, rue de Bondy, Paris.

RICH (Paul), ingénieur, membre de la Société des Ingénieurs civils, Vieux Thann (Alsace).

RICHARD (G.), ingénieur civil des Mines, 242, rue Lecourbe, Paris.

RICHARD (J.), ingénieur-constructeur, impasse Fessart, 8, Paris.

RICHARD FRÈRES, impasse Fessart, 8, Paris.

RICHEMOND (Emile-Louis), directeur de la Société centrale de construction de machines, 50, rue d'Aubervilliers, Pantin (Seine).

RICOUR, 131, boulevard Raspail, Paris.

RINGHOFFER (F.), atelier de construction de machines, Smichow, près Prague (Bohême).

ROBERT (Jacques), ingénieur du matériel et de la traction des chemins de fer Algériens P.-L.M., boulevard de la République, 23, Alger.

ROCOUR (Georges), ingénieur, 18, avenue Rogier, Liège (Belgique).

ROGNETTA (François), ingénieur, administrateur des Hauts-Fourneaux, Fonderies et Aciéries de Terni, 181, via Nazionale, Rome (Italie).

ROLAND, ingénieur en chef de l'Association Normande des propriétaires d'appareils à vapeur, 3, rue Jeanne-d'Arc, Rouen (Seine-Inférieure).

ROMANOFF (Alexandre), ingénieur, professeur de mécanique appliquée, Institut des ingénieurs des voies et communications, Saint-Pétersbourg, (Russie).

ROSEBLOW, ingénieur, Varvarka, 4, Malouskin, Moscou (Russie).

ROTTER (Édouard), inspecteur général, II, Kaiser-Joseph Strasse, 20, Vienne (Autriche).

ROUSSEL (Ernest), ingénieur, chef de service des essais aux chemins de fer de l'Etat Belge, à Malignes, place Raghenno (Belgique).

ROY (Edmond), ingénieur civil, 10, rue Cambon.

RYCERSKI (Félix D^e), contrôleur en chef de la traction et du matériel roulant aux chemins de fer Varsovie-Vienne, 47, Chmizlna, Varsovie, (Pologne).

S

SANSINENA ET C^o, importateurs de viande fraîche de la Plata, 13, rue de Turbigo, Paris.

SAN MARTIN FALCON (Jose D^e), secrétaire général de l'Association nationale des ingénieurs industriels à Madrid, calle de Atocha, 16, Entresuels, Madrid (Espagne).

- SAUVAGE (Édouard), ingénieur des Mines, 4, rue Chaptal, Paris.
- SCHABAVER (François-Ignace), ingénieur-constructeur, Castres (Tarn).
- SCHMIDT (F.-Ernest), ingénieur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, 29, rue de Noyon, Amiens (Somme).
- SCHROEDER VAN DER KOLK (J.), ingénieur civil, 6, Proorstraadt, Utrecht (Pays-Bas).
- SÉVRY (Octave), ingénieur, 94, rue Saint-Maur, Paris.
- SIMON (Édouard), ingénieur civil, 78, boulevard Arago, Paris.
- SMITH (Robert-Henry), professeur of Engineering, Moson Collège, Birmingham (Angleterre).
- SNYERS (Raymond), ingénieur à Bruxelles (Belgique).
- SOCIÉTÉ DES FORGES DE CHAMPIGNEULLES ET NEUVES-MAISONS, à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).
- SOCIÉTÉ DE COMMENTRY-FOURCHAMBAULT, 16, place Vendôme, Paris.
- SOLACROUP, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction de la C^e d'Orléans, 41, boulevard de la Gare, Paris.
- SOLIGNAC, 54, rue Étienne-Marcel, Paris.
- SOUBEYRAN (Alfred), directeur de l'institut industriel du Nord, 17, rue Jeanne-d'Arc, Lille (Nord).
- SJULERIN (Léon), 4, rue Marsollier, Paris.
- STAPFER (Daniel), ingénieur-mécanicien, boulevard Maritime, 42, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- STARITSKY (Paul), ingénieur aux usines d'Isora, près Saint-Petersbourg (Russie).
- STEIN (Emile), 122, rue de la Poste, Bruxelles (Belgique), et 7, rue d'Anjou, Paris.
- DE STOPPANI (Édouard), ingénieur civil, 37, boulevard Ornano, Paris.
- SVILOKOSSITCH, ingénieur civil, 33, rue Linné, Paris.
- SZYLANSKI (Gustave), ingénieur civil des Mines, corso Venezia, 69, Milan (Italie).

T

- THIRION (Antoine-Romain), fabricant de pompes, rue de Vaugirard, 160, Paris
- THIRION (Charles-Alexandre), ingénieur civil, boulevard Beaumarchais, 95, Paris.
- TIDEMAN, secrétaire de l'Institut royal des ingénieurs à La Haye (Pays-Bas).

TOUSSAINT (Victor), chef du service des ateliers de construction au Creusot (Saône-et-Loire).

TRÉPARDOUX (Charles), constructeur, 20, rue des Pavillons, Puteaux (Seine).

TRESCA (Alfred), professeur à l'École centrale et à l'Institut agronomique, 57, rue de Turbigo, Paris.

TROUVÉ (Gustave), ingénieur, 14, rue Vivienne, Paris.

U

UGUCCIONI DINO, ingénieur de l'École centrale de Paris, 25, via Pandolfini, Florence (Italie).

V

VALLOT (Guillaume-Marie-Henri), ingénieur des Arts et Manufactures, 2, place des Perchamps, Paris-Auteuil.

VALTON (Ferdinand), ingénieur, métallurgiste, faubourg Saint-Honoré, 166, Paris.

VEROLE (Pierre), ingénieur, chef de section au chemin de fer de la Méditerranée, Milan (Italie).

VÉTILLART (Joseph), ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, parc Montretout, Saint-Cloud.

VIGREUX (Léon), ingénieur civil, 16, rue de Birague, Paris.

VINCOTTE (Henri), ingénieur directeur de la Compagnie française des bronzes montéfiore, Saint-Denis (Seine).

VITTA (Edoardo), ingénieur, place d'Azeglio, 22, Florence (Italie).

VOISIN (Honoré), ingénieur en chef de la Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy, Firminy (Loire).

VOJACEK (Ladislav), ingénieur, à Prague (Bohême).

VORUZ AINÉ (J.), constructeur-mécanicien, Nantes (Loire-Inférieure).

W

WALCHENAER (Charles-Marie), ingénieur des Mines, 9, rue Bayard, Paris.

WALTHER-MEUNIER (Herman), 12, rue de la Bourse, Mulhouse (Alsace).

WARNERY (Emmanuel), filateur; Tenay (Ain).

WEBB (Francis-William), civil Engineer, Chester Place Crew (Angleterre).

WEHRLIN (Charles-Edouard), directeur de l'exploitation de la Compagnie française des moteurs à gaz Otto, 15, avenue de l'Opéra, Paris.

WHALEY (Georges), ingénieur, 44, rue de Rome, Paris.

WICKSTEED (J.-H.), Engineer, Leeds (Angleterre).

Z

ZWIAUER, IV Floragasse, 7, Vienne (Autriche).

DÉLÉGUÉS DES GOUVERNEMENTS ÉTRANGERS

États-Unis d'Amérique.

WELLMAN PARKS, professeur de physique, reuselaer polytechnic institute de « Troy », New-York.

République Argentine.

ALFREDO TELLO, ingénieur, Commission argentine de l'Exposition universelle.

Belgique.

DWELSHAUVERS-DERY, professeur de mécanique à l'Université de Liège.

BOULVIN (J.), professeur du cours de machines à l'Université de Gand.

MORELLE, directeur honoraire des ponts et chaussées, président de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand, 349, avenue Louise, Bruxelles.

JAMES VAN DRUMEN, professeur à l'Université de Bruxelles, président de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole polytechnique de Bruxelles, 9, rue des Champs-Elysées, Bruxelles.

FABRY, député permanent, président de l'Union des Ingénieurs de Louvain à Nassogue (Luxembourg-Belge).

KRAFT DE LA SAULX, ingénieur en chef de la Société Cockerill, à Seraing.

HANEART-ORTMANS, 2, rue de l'Angle, Liège.

Brésil.

M. le capitaine de corvette STRES BARBOZA, 49, rue de Rome, Paris.

Chili.

WASHINGTON LASTARIA, commissariat du Chili, à l'Exposition universelle.

République Dominicaine.

BOYER, 41, boulevard de la Gare, Paris.

Espagne.

MONREAL (Augustus), catedratico de la Facultad de ciencias, Madrid.
 EDUARDO (Léon), catedratico de la Facultad de ciencias, Madrid.
 FELIPE STEVA PLANCAS, ingénieur civil, 195, rue de l'Université, Paris.
 RAMON SORIANO, directeur des travaux, 195, rue de l'Université, Paris.
 URGEL PUJOL Y ABESSA, ingénieur civil, 191, rue de l'Université, Paris.

Italie.

BARDELLI, {
 COLOMBO, { Secrétariat général Italien, 47, rue Taitbout.
 BUZIRI, }

Japon.

TOXOTA ISHIDO, à la Commission impériale du Japon de l'Exposition universelle.

Paraguay.

GUILLEMAN, 3, rue Pierre-Légrand, Paris.

Mexique.

LUIS SALAZAR, ingénieur, {
 MATES PLOWES, ingénieur, { Commissariat du Mexique à l'Exposition
 ANTONIO M. ANSA { universelle.
 GILBERTO CRESPO, {
 AMFUSTO M. CHAVEZ, }

République du Salvador.

G. PÉRIGOIS, 3, rue Daru, Paris.

RÈGLEMENT

ARTICLE PREMIER.

Conformément à l'arrêté ministériel en date du 24 décembre 1888, il est institué à Paris, au cours de l'Exposition universelle de 1889, un congrès international de mécanique appliquée.

ART. 2.

Ce congrès s'ouvrira le 16 septembre, à neuf heures et demie du matin, au Conservatoire des arts et métiers; sa durée sera de six jours.

ART. 3.

Seront membres du congrès les personnes qui auront adressé leur adhésion au secrétaire du comité d'organisation avant l'ouverture de la session, ou qui se feront inscrire pendant la durée de celle-ci, et qui auront acquitté la cotisation dont le montant est fixé à 20 francs.

ART. 4.

Les membres du congrès recevront une carte qui leur sera délivrée par les soins du comité d'organisation.

Ces cartes sont strictement personnelles.

ART. 5.

Le bureau du comité d'organisation fera procéder, lors de la première séance, à la nomination du bureau du congrès, qui aura la direction des travaux de la session.

ART. 6.

Le bureau du congrès fixe l'ordre du jour de chaque séance.

ART. 7.

Le congrès comprend :
Des séances générales ;
Des séances de sections ;
Des conférences, des visites à l'Exposition et à des établissements scientifiques ou industriels.

ART. 8.

Les membres du congrès ont seuls le droit d'assister aux séances et

aux visites préparées par la commission d'organisation, de présenter des travaux et de prendre part aux discussions.

Les délégués des administrations publiques, françaises et étrangères, jouiront des avantages réservés aux membres du congrès.

ART. 9.

Aucun travail ne peut être présenté en séance, ni servir de point de départ à une discussion si, *avant le 1^{er} septembre*, l'auteur n'en a communiqué le résumé ou les conclusions à la commission d'organisation.

ART. 10.

Les travaux présentés au congrès sur des questions mises à l'ordre du jour dans le programme de la session seront discutés en séance générale. Les travaux qui ne figureront pas dans ce programme, publié à l'avance, et qui auront été communiqués en temps utile à la commission d'organisation, seront, s'il y a lieu, proposés par elle pour être lus en séance générale ou de section, avant discussion ou sous forme de conférence.

ART. 11.

Après la lecture des communications ou mémoires, ou conférences, les orateurs, prenant part à la discussion, ne pourront occuper la tribune pendant plus de dix minutes, ni parler plus de deux fois dans la même séance sur le même sujet, à moins que l'assemblée consultée n'en décide autrement.

ART. 12.

Les membres du congrès, qui auront pris la parole dans une séance, devront remettre au secrétaire, dans les vingt-quatre heures, un résumé de leurs communications pour la rédaction des procès-verbaux. Dans le cas où ce résumé n'aurait pas été remis, le texte rédigé par le secrétaire en tiendra lieu, ou le titre seul sera mentionné.

ART. 13.

Le comité d'organisation, après accord avec la commission supérieure des congrès et conférences, pourra demander des réductions aux auteurs des résumés; il pourra effectuer ces réductions ou décider que le titre seul sera inséré, si l'auteur n'a pas remis le résumé en temps utile.

ART. 14.

Les procès-verbaux seront imprimés et distribués aux membres du congrès le plus tôt possible après la session.

ART. 15.

Un compte rendu détaillé des travaux du congrès sera publié et envoyé à tous les membres du congrès par les soins du comité d'organisation. Celui-ci se réserve de fixer l'étendue des mémoires ou communications livrés à l'impression.

ART. 16.

Le bureau du congrès statue en dernier ressort sur tout incident non prévu au règlement.

SÉANCE D'OUVERTURE DU 16 SEPTEMBRE 1889

Allocution de M. le Président du Comité d'Organisation.

Messieurs,

Je suis heureux d'avoir, au nom du Comité d'organisation de ce Congrès, à vous souhaiter la bienvenue et à vous remercier d'avoir bien voulu nous apporter le concours de vos lumières et de votre expérience.

Quoique vous ayez été renseignés par l'envoi de circulaires, il ne sera peut être pas inutile de vous résumer succinctement les travaux préparatoires du Comité.

La question la plus importante, celle du programme, a été résolue en choisissant les sujets qui ont paru présenter un caractère bien net d'importance et d'actualité. Chacun d'eux a été l'objet d'un rapport spécial, destiné à préciser l'état de la question, et dont la rédaction a été confiée aux membres que leurs études et leurs travaux antérieurs signalaient comme les plus compétents.

Ces sujets, au nombre de six, sont les suivants :

I. Unification du cheval-vapeur, spécification de la puissance des générateurs ; rendement. — Rapporteur : M. Alf. Tresca.

II. Choix des métaux les plus propres à la construction des pièces de machines. Bureaux d'essais. Méthodes d'essais et de calculs. — Rapporteur : M. Cornut.

III. Production mécanique et utilisation du froid artificiel. — Rapporteur : M. Richard.

IV. Transmission à distance et distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, vapeur, air, câbles). — Rapporteur : M. Boudenoot.

V. Machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs. — Rapporteur : M. Mallet.

VI. Machines thermiques autres que les machines à vapeur d'eau. — Rapporteur : M. Hirsch.

En outre de ces six questions composant le programme, trois conférences doivent être faites par trois de nos collègues dont le nom seul est une garantie de compétence, savoir :

Conférence I. — Progrès réalisés par les machines à vapeur depuis 1878. — Rapporteur : M. Polonceau.

Conférence II. — Progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur depuis 1878. — Rapporteur : M. Bour.

Conférence III. — Progrès réalisés dans les appareils de production de vapeur depuis 1878. Chaudières à petits éléments. — Rapporteur : M. Olry.

Enfin, Messieurs, nous avons pensé qu'il y aurait avantage, au point de vue de l'ordre et de l'organisation des travaux du Congrès, à ce que ses membres se répartissent entre trois sections qui seraient ainsi composées :

Première section. — Sujets I et V du programme. — Conférence I.

Deuxième section. — Sujet II du programme. — Conférences II et III.

Troisième section. — Sujets III, IV et VI du programme.

Il me semble, Messieurs, qu'une des principales questions qui sollicitent votre attention est celle, si importante, des machines à vapeur à détente dans plusieurs cylindres successifs, c'est-à-dire celle des machines de Woolf ou compound. En général, on s'accorde à reconnaître les avantages de ce système pour les machines marines et les machines fixes. Quant à son emploi pour les locomotives, les opinions sont encore partagées.

Tout en désirant des expériences suivies à ce sujet, certains ingénieurs objectent que le système dont il s'agit exige un travail constant, toujours le même, ce qui n'est pas le cas pour les locomotives et s'accommode surtout de la condensation qui permet de pousser la détente à sa dernière limite. D'autres ingénieurs font valoir les bons résultats obtenus par la disposition à deux cylindres de M. Mallet. Vous verrez, d'ailleurs, à l'Exposition, de nombreux spécimens de machines compound. Par exemple, dans la classe 52, se trouvent de belles machines à

triple expansion, dans l'exposition de la Société centrale de construction des machines, dirigée par MM. Weyher et Richemond, ainsi que dans celle de MM. Sulzer frères, de Winterthür.

Vous verrez aussi un certain nombre de machines de ce type dans l'exposition des chemins de fer. Les chemins de fer de l'Etat français exposent une locomotive Compound, système Mallet ; la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. expose deux locomotives compound ; la Compagnie des chemins de fer du Nord en expose trois.

Le chemin d'Orléans n'en expose pas ; mais je recommande à votre attention ses nouvelles locomotives qui sont l'objet d'améliorations très heureuses dues pour la plupart à l'éminent ingénieur en chef du matériel et de la traction, M. Polonceau. Je citerai seulement le foyer, dont le ciel arrondi, tout en cuivre, présente des parties saillantes rivées remplaçant les armatures ordinaires et qui offre de grands avantages, au point de vue de la conductibilité de la chaleur et des fuites ; puis, le dôme additionnel de vapeur placé au dessous du foyer et relié au dôme de l'avant par un tuyau extérieur, disposition qui a pour effet d'amener la vapeur mieux desséchée au dôme d'avant où se trouve la prise de vapeur.

Comme autre exemple de machine remarquable, n'appartenant pas au système Compound, vous verrez dans la classe 52, Galerie des machines, une machine de M. Farcot. Elle est de mille chevaux et à un seul cylindre. Les admissions et les échappements se font au moyen de distributeurs cylindriques situés aux deux extrémités du cylindre ; ce qui diminue les espaces libres. Elle est à détente variable par le régulateur qui est à bras croisés. On peut, de plus, par un mécanisme spécial et selon le travail à produire, faire varier l'admission de 0 à 0,75 de la course.

Je me reprocherais, Messieurs, en vous parlant de machines particulièrement intéressantes, de ne pas au moins vous mentionner un nouveau moteur, car il ne date que de quelques années. Il s'agit de la turbine à vapeur, dont l'inventeur, M. Parsons, n'est pas, malheureusement, exposant. Mais, un spécimen de cette ingénieuse machine se trouve dans l'exposition de MM. Weyher et Richemond, dont je vous parlais tout à l'heure. C'est, à proprement parler, un assemblage de petites turbines, juxtaposées, en cuivre, montées sur un arbre horizontal de même métal, symétriquement de part et d'autre de son milieu. Les canaux distributeurs sont répartis sur un cylindre annulaire, fixe, concentrique au premier, et chaque couronne fixe est placée entre deux roues des turbines consécutives. La vapeur arrive par un orifice situé au milieu et, après avoir parcouru successivement toutes les roues

s'échappe après avoir épuisé sa pression. Il règne, sur sa longueur, trois diamètres successifs de roues, croissant à partir du milieu. Cette disposition, adoptée au point de vue de la détente, paraît destinée à faire arriver la vapeur dans des espaces successifs de plus en plus grands, comme dans le système compound.

Le moteur tout entier tient dans un très petit volume. Il est principalement destiné à actionner les dynamos, et fait de 9 à 10000 tours par minute. Quant aux générateurs des machines fixes, si l'on cherche à se rendre compte de la tendance qui a prévalu, dans ces dernières années, on voit qu'elle se manifeste surtout par l'application de plus en plus étendue des chaudières multitubulaires ou à petits éléments; on obtient ainsi, d'une part, une grande surface de chauffe, et, de l'autre, un petit volume d'eau, d'où résulte une grande atténuation dans la gravité des accidents. Ajoutons qu'on est venu aussi, d'une manière générale, à faire usage de pressions plus élevées que par le passé; et, en effet, les principes de la thermodynamique montrent qu'il y a avantage à ce que le fluide parcoure son cycle entre des températures extrêmes aussi différentes que possible, à condition que toute son énergie, dépensée entre ces deux limites, soit, autant que faire se peut, transformée en travail extérieur.

Vous verrez, parmi les générateurs des machines motrices de la Galerie des Machines, de beaux spécimens de ces chaudières multitubulaires; par exemple, celles de M. Belleville, le premier initiateur; de MM. de Naeyer, etc.

J'appellerai votre attention sur le générateur de M. Dulac, qui est muni d'un appareil d'épuration et d'un collecteur, permettant d'éviter les incrustations et de n'opérer le nettoyage que tous les deux ou trois ans.

Une exposition, des plus instructives et des plus intéressantes, est celle des échantillons de tôles de chaudières ayant subi des accidents, faite par le Syndicat des Associations des propriétaires d'appareils à vapeur de France, dont le président est M. Cornut. Ces accidents sont classés, quant à leurs causes, sous les titres suivants :

1° Pailles; 2° Bosses et coups de feu; 3° Fentes dans les tôles; 4° Corrosion extérieure; 5° corrosion intérieure; 6° corrosion des communications; 7° Défauts de construction; 8° Défauts dans les rivures et les rivets; 9° Réparations mal faites; 10° Défauts divers; 11° Incrustations.

La question des chaudières, connexe de celle des appareils de sûreté, m'amène à vous signaler la belle exposition de M. Edouard Bourdon, fils et successeur de l'inventeur renommé du manomètre métallique qui porte son nom. On y voit un de ces manomètres gradué jusqu'à 2500

atmosphères, et qui est à l'usage de l'artillerie. Pour cet instrument, le métal employé est un acier d'une qualité exceptionnelle, de la nature de celui qui sert pour les cordes de piano. Sous la pression de 2500 atmosphères, il travaille à 80 kilogrammes par millimètre carré. Outre sa résistance, cet acier possède une très grande ductilité, car après avoir été étiré sous une forme rectiligne, il a été ensuite courbé à froid sous sa forme définitive, sans donner lieu à la moindre fente ou fissure. Ce manomètre est taré au moyen d'une pompe, ou presse hydraulique, qui peut servir jusqu'à 1500 atmosphères. Une tige, traversant la paroi par un piston muni d'un cuir embouti, agit sur un appareil de pesage. Pour éviter l'erreur résultant du frottement du cuir sous une forte pression, on a eu l'idée ingénieuse de communiquer à la tige de ce piston un mouvement de rotation, ce qui annule le frottement.

Je terminerai cet aperçu, Messieurs, par cette remarque que, malgré l'ancienneté et l'importance de la machine à vapeur, sa théorie est encore à faire. L'une des principales causes de cette regrettable lacune est l'action exercée par les parois des cylindres, condensation de vapeur ou vaporisation d'eau, suivant les circonstances, et qui s'exerce suivant des lois encore inconnues.

Il s'agit là d'un problème des plus difficiles. Je me figure que la théorie serait impuissante à le résoudre, et que, pour obtenir des résultats utiles pour la pratique, c'est à l'expérience qu'il faudra avoir recours, pour calculer, soit comme calories, soit comme poids d'eau vaporisée ou de vapeur condensée, l'effet des parois. Déjà, des recherches ont été dirigées dans ce sens, du moins pour les machines à un seul cylindre.

Un autre sujet fort important du programme est celui qui se rapporte au choix et aux épreuves des métaux employés à la construction des pièces des machines. De nombreuses questions qui s'y rattachent s'imposeront à votre attention :

1° L'influence, sur les résultats des essais de traction, du mode de préparation des éprouvettes; 2° la mesure de la ténacité des métaux par les essais à la traction; 3° la mesure de leur ductibilité, de l'allongement total après la rupture et de la striction; 4° la recherche du coefficient d'élasticité, de l'allongement élastique maximum, du mode de travail des métaux depuis l'allongement élastique maximum jusqu'à la rupture, de l'effet des efforts répétés un grand nombre de fois dans un même sens ou en sens invers; 5° des bureaux d'essais officiels ou dus à l'initiative privée; etc.

On peut citer, comme modèle du genre, le laboratoire d'essais de la Compagnie du chemin de fer de P.-L.-M., que le congrès aura l'occasion de visiter.

Ce n'est pas sortir de la question dont j'ai l'honneur de vous parler, que de vous signaler, dans la classe 41, une fort belle exposition des aciéries et forges d'Unieux (Loire), de MM. Jacob Holtzer et C^o. Elle comprend notamment de nombreux échantillons d'acier allié au chrome, au tungstène et même au cuivre, avec des tableaux des essais à la traction, donnant la charge de limite élastique, celle de rupture, l'allongement total et la striction.

Permettez-moi, Messieurs, en terminant, de vous indiquer les sujets d'une communication que j'aurai l'honneur de vous faire, et qui se rapporte aux questions du programme.

En premier lieu, je désire vous exposer une méthode, n'exigeant pas la mesure de petites dimensions, et permettant de déterminer, d'une manière simple et précise, le coefficient d'élasticité des corps métalliques et la limite de leur allongement élastique. Elle est fondée sur la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres.

En second lieu, je me propose de vous parler, d'une méthode pour déterminer, *a priori*, au moyen de modèles, les conditions de résistance de corps de plus grandes dimensions qui peuvent n'être pas encore construits. Son utilité se justifie par ce fait que, dans de nombreuses circonstances, les procédés de calcul de la résistance des matériaux ne sont pas applicables, ou ne le sont qu'avec une approximation insuffisante. La méthode dont il s'agit ici est, au contraire, d'une exactitude complète, étant entièrement basée sur la théorie mathématique de l'élasticité. Les règles auxquelles elle conduit sont fort simples.

ED. PHILLIPS.

COMPTES-RENDUS DES SÉANCES GÉNÉRALES

I. Séance du 16 septembre (matin).

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS, PRÉSIDENT DU COMITÉ D'ORGANISATION

M. LE PRÉSIDENT DU COMITÉ D'ORGANISATION souhaite la bienvenue aux membres du Congrès et fait un résumé des travaux dont ils auront à s'occuper, en indiquant les différents documents préparés par le Comité d'organisation pour faciliter l'étude des différentes questions soumises au Congrès (1).

Il invite le Congrès à nommer un bureau.

M. MALLET propose de désigner comme membres du bureau du Congrès les membres du bureau du Comité d'organisation.

Le Congrès désigne comme président M. Phillips.

Après un certain nombre d'observations présentées par MM. Badois, Boudenoot, Cornut et Gottschalk, la réunion décide que : MM. Gottschalk, Farcot (Joseph) et Polonceau (France), Radinger (Autriche), Kraft (Belgique) et Almgreen (Suède et Norvège) sont désignés comme vice-présidents du Congrès, et MM. de Comberousse, Haton de la Goupillière et Hirsch (France), Hirn (Alsace-Lorraine), Bramwell, Cochrane et Douglas Galton (Grande-Bretagne), le général de Menabrea (Italie), Petroff et Belebubsky (Russie), Michaelis (Pays-Bas) sont nommés vice-présidents honoraires.

En ce qui concerne les secrétaires, le Congrès, sur les indications de M. le Président, désigne comme secrétaires : MM. Tresca (Alfred), de Nansouty et Boudenoot, secrétaires de la Commission d'organisation, ainsi que MM. Anthoni, Compère, Dujardin-Beaumetz, Gouilly, Lattès, Marié, Pinget, de Ribes et Vallot. MM. Dujardin-Beaumetz et de Ribes s'excusent de ne pouvoir accepter ces fonctions.

M. LE PRÉSIDENT demande à MM. les membres du Congrès de vouloir

1. L'allocation de M. le Président est publiée *in extenso*, tome 1, page 27.

bien se répartir en trois sections, et les invite à se réunir dans les locaux préparés à cet effet, nommer leurs bureaux, et commencer l'examen des questions qui leur sont soumises.

M. POLONCEAU annonce qu'il a permuté avec M. Bour au sujet de la date de leurs conférences. Ainsi la conférence de M. Bour sur les progrès des associations des propriétaires d'appareils à vapeur aura lieu le jeudi 19 septembre et celle de M. Polonceau sur les progrès des machines à vapeur aura lieu le vendredi 20.

Messieurs, ajoute M. Polonceau, je regrette de vous demander ce service, mais le jury de l'exposition des chemins de fer visite nos machines jeudi matin et il m'est impossible de ne pas y assister. M. Bour a eu l'extrême obligeance d'accepter la modification dont je viens de vous parler, je l'en remercie vivement.

La séance est levée à 10 heures et demie.

II. Séance du 16 septembre (soir).

PRÉSIDENTE DE M. E. PHILLIPS

Le Congrès se réunit à 1 heure et demie.

M. LE PRÉSIDENT invite les vice-présidents désignés par le Congrès à prendre place au bureau.

MM. GOTTSCHALK, RADINGER et KRAFT se rendent à cette invitation.

M. LE SECRÉTAIRE indique la composition des bureaux des sections.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. Tresca au sujet de son rapport sur l'unification du cheval-vapeur (1).

M. A. TRESCA. — Messieurs, je n'ai que peu de chose à dire sur la question du cheval-vapeur, le rapport préparé sur cette question ayant pu vous être distribué en temps convenable.

Dans cette note j'ai cherché à résumer, à peu près, l'état actuel de la question, et j'ai dû formuler un certain nombre de conclusions que je vais rappeler.

Le premier point sur lequel j'ai dû appeler votre attention est formulé de la manière suivante : *le cheval-vapeur tel qu'il est compris maintenant, c'est-à-dire représentant le travail de 75 kilogrammètres par seconde constitue-t-il la meilleure unité que l'on puisse adopter, avec quelques chances d'en répandre l'usage dans les différentes parties du monde ?*

Je rappellerai que, dans un précédent congrès, certains membres

1. Le rapport de M. A. Tresca est publié *in extenso*, tome 2.

avaient voulu rattacher cette unité du cheval-vapeur au système métrique et avaient demandé l'adoption du cheval-vapeur de 100 kilogrammètres par seconde. Pour différentes raisons, nous avons pensé que ce changement d'unité causerait de grandes perturbations et qu'il était plus utile de conserver le chiffre de 75 kilogrammètres par seconde.

La deuxième question est celle-ci : *La puissance des machines à vapeur paraît-elle mieux définie en l'exprimant en chevaux indiqués, leur détermination devant nécessiter l'emploi d'instruments spéciaux, mais d'un usage courant ?*

On peut en effet déterminer le travail des machines à vapeur par deux procédés parfaitement distincts : le travail mesuré au frein et le travail mesuré à l'indicateur. Avec l'indicateur, les moyens d'information sont maintenant très précis.

Troisième question : *Le travail mesuré au frein, sur l'arbre de la machine, doit-il être mentionné comme renseignement complémentaire ou doit-il remplacer, dans les transactions, l'évaluation en travail indiqué ?*

J'ai dû faire remarquer que la détermination du travail mesuré au frein sur l'arbre présentait, dans certaines conditions, des difficultés considérables, qu'en ce qui concerne, par exemple, les machines marines, le travail mesuré sur l'arbre est d'une détermination excessivement difficile et qu'il y avait lieu de maintenir, pour ces machines, la détermination de la puissance en chevaux indiqués.

Quatrième question : *Y aurait-il intérêt à adopter la même unité, le cheval-vapeur, en ce qui concerne les machines de locomotion, machines marines et locomotives ?*

Pour les raisons indiquées dans le rapport, nous pensons qu'en ce qui concerne les locomotives, il y a lieu de réserver la question et de ne comprendre, dans une mesure générale que l'on pourrait conseiller, que les machines marines.

Tels sont, Messieurs, les différents points principaux traités dans notre note et au sujet desquels nous désirons avoir l'avis du plus grand nombre de vos collègues.

En ce qui concerne les chaudières à vapeur, je n'ai pu indiquer que les différents moyens de les spécifier. Nous attendons de chacun de vous une discussion relative à cette question des chaudières de façon à pouvoir arriver à formuler des règles nettes et précises.

Je demanderai donc à M. le Président de vouloir bien ouvrir la discussion sur ces deux questions : question relative au cheval-vapeur et question relative à la spécification des chaudières à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT. — Quelqu'un demande-t-il la parole au sujet de ce rapport ?

M. TRESCA. — Si le Congrès ne voulait pas entrer dans la voie de la discussion, nous pourrions faire voter sur les différents points que j'ai indiqués.

M. BOUR. — J'ai une observation à faire au sujet de la troisième question : *le travail mesuré au frein, sur l'arbre de la machine, doit-il être mentionné comme renseignement complémentaire ou doit-il remplacer, dans les transactions, l'évaluation en travail indiqué ?*

Dans les transactions, je crois que le cheval-frein est le seul qui doive être adopté, c'est du moins la règle que nous avons adoptée jusqu'ici, dans les associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Lorsque, dans un marché, il n'y a pas de désignation autre que le cheval-vapeur, nous demandons qu'il s'agisse du cheval mesuré sur l'arbre, car c'est la seule chose utilisable pour l'industriel ; l'industriel n'achète pas un cheval idéal, théorique, il achète un cheval utilisable. Une machine à vapeur de 25 chevaux doit pouvoir remplacer une turbine ou une roue hydraulique de 25 chevaux. Je crois donc que le cheval-frein, mesuré sur l'arbre doit être la base de toutes les transactions.

M. PÉRISSE. — Evidemment, j'apprécie les raisons de M. Bour qui demande que dans les transactions on indique le cheval-frein, mais cependant, qui dit transaction dit volonté réciproque et on peut concevoir qu'on spécifie autre chose, notamment le cheval indiqué qu'il est bien plus facile de déterminer.

M. BOUR. — Je suis absolument de l'avis de M. Périssé, mais l'essentiel, en ce moment n'est pas de dire ce qu'on mettra dans un contrat lorsque ce contrat est bien défini, mais ce qu'il faut lire dans ce contrat lorsqu'il est mal défini. Lorsqu'un constructeur vend une machine de 25 chevaux, sans autre indication, pour nous, c'est 25 chevaux utilisables, c'est-à-dire 25 chevaux-frein.

Maintenant, il est parfaitement évident que l'industriel qui traite avec un constructeur peut traiter avec l'unité qu'il voudra, avec le cheval-indiqué, si cela lui plaît. Pour moi, il s'agit de savoir quelle est l'interprétation qu'on donnera à un marché conçu dans ces termes : machine de 25 chevaux ; je crois qu'il faut entendre 25 chevaux utilisables pour l'acheteur.

M. LE PRÉSIDENT. — Ceci va très bien pour les machines fixes qui transmettent le mouvement à un arbre sur lequel on peut généralement appliquer le frein, mais il n'en est pas de même des machines marines et des machines locomotives.

M. BOUR. — Le fait de considérer comme unité le cheval utilisable n'empêche pas du tout de faire des essais à l'indicateur.

Les essais faits sur de nombreuses machines jusqu'à ce jour permet-

tent d'évaluer avec une très grande approximation le rapport entre le cheval-frein et le cheval indiqué sur des machines bien faites ; par conséquent le fait de traiter en chevaux disponibles sur l'arbre n'exclut pas du tout la possibilité de mettre dans le marché que le cheval disponible répondra à tant de chevaux indiqués et n'exclut pas non plus la possibilité de faire l'essai à l'indicateur qui est bien plus simple que l'essai au frein.

Il est difficile de faire un essai au frein un peu sérieusement sans avoir d'abord un frein fait pour la circonstance, puis deux ou trois observateurs, une douzaine d'ouvriers, toute une installation pour mettre de l'eau sur le frein, etc.; de sorte qu'on peut évaluer le prix d'un essai au frein à 1000 ou 1200 francs pour une machine de 50 à 60 chevaux.

L'essai à l'indicateur se fait au contraire avec une facilité extrême.

M. STAPFER. — Je crois que M. Bour a parfaitement raison, il a très bien expliqué sa pensée en disant qu'il y a plusieurs manières de se rendre compte du travail utilisable pour l'industriel ; mais tout cela n'a d'intérêt que pour les machines où l'on peut se servir de ces deux procédés.

Quant aux machines marines, elles se prennent toutes en chevaux indiqués et ne peuvent se prendre autrement ; je crois donc qu'il n'y a qu'à laisser les choses telles qu'elles sont.

Il en est de même pour les locomotives.

Je crois donc que l'indicateur est entré dans la pratique même des locomotives. On fait maintenant des indicateurs qui permettent de prendre des courbes sur des locomotives à grande vitesse.

Il n'y a qu'une classe de machines qui ne permettent pas l'utilisation de l'indicateur d'une manière utile ; ce sont les machines thermiques. Ainsi dans les machines à gaz on remarque des écarts fabuleux entre le travail indiqué et le travail mesuré au frein ; aussi presque toutes les machines à gaz sont-elles essayées au frein. Cela vient, sans doute, de ce qu'il y a des chocs et par conséquent des pertes de travail énormes.

M. LE PRÉSIDENT. — Je crois qu'il est convenable d'interpréter la question dans le sens de M. Bour en disant que quand la puissance n'est pas spécifiée, c'est de la puissance au frein qu'il s'agit ; mais ne pourrait-on pas émettre un vœu pour que dans les transactions on évite autant que possible cette ambiguïté ?

M. STAPFER. — Beaucoup de constructeurs, je crois, estiment que leurs machines pour une puissance nominale de 50 chevaux sont capables de donner 75 chevaux indiqués, c'est-à-dire 50 % en plus ; d'autres disent que leurs machines rendront 90 % sur l'arbre ; c'est un chiffre qui donne tout de suite une idée de la perfection de la machine.

M. BOULVIN. — Ce qui intéresse le consommateur dans les machines, c'est la puissance développée sur l'arbre; mais il est dangereux d'inscrire dans le contrat des clauses qu'on ne peut pas vérifier. Pour toutes les machines de petite force, on pourra faire des essais au frein, mais quand on a affaire à des moteurs très puissants, ce n'est pas possible. Alors comment faire si on inscrit dans le contrat que la machine aura un rendement de 0,80 à 0,90? Il ne suffit pas de prendre la courbe d'indicateur la machine n'étant pas chargée et le frottement étant réduit; la pompe à air alors n'absorbe pas tout le travail qu'elle absorberait en charge; même en adoptant certaines dispositions, on a beau faire, le travail n'est pas le même. Il serait donc impossible de vérifier si les clauses du contrat sont remplies.

Il n'y aurait qu'un moyen de préciser la question, ce serait d'adopter une solution approchée. Il faudrait dire, par exemple, quand il s'agit de machines de grandes puissances: la machine développera tant de chevaux indiqués, et la machine tournant à vide, à sa vitesse de régime, c'est-à-dire sans courroie sur le volant, absorbera tant de chevaux ou n'absorbera pas plus de tant de chevaux; il faudrait spécifier en somme le travail indiqué que devra donner la machine en charge et spécifier en même temps le travail mesuré à l'indicateur qu'elle exigera pour sa marche à vide.

Si le consommateur veut se résoudre à faire la dépense d'un frein, il peut faire l'expérience au frein; mais à partir d'une certaine puissance cela n'est pas possible.

Il me semble donc qu'il n'y a pas moyen d'adopter une règle générale parce que si on insère dans un contrat qu'une machine de 2000 chevaux donnera 90 % de rendement, il est tout-à-fait impossible de vérifier si les conditions sont remplies.

Dans l'état actuel des moyens de mesure la détermination de la puissance d'un moteur en chevaux indiqués ne peut être abandonnée.

M. TRESCA. — Je crois en effet, comme le dit M. Boulvin, qu'il n'y a pas de règle générale à imposer.

Le travail indiqué peut toujours être mesuré, tandis que le travail au frein, au contraire, est dans la plupart des cas impossible à obtenir; par conséquent l'expression — travail indiqué — pourra peut-être servir de base aux transactions, sauf dans certains cas particuliers à y ajouter l'indication du travail mesuré sur l'arbre, et c'est là la conclusion que je crois devoir présenter aux observations qui ont été faites.

M. PÉRISSÉ. — Il y a une considération, qui n'a pas été dite par moi tout à l'heure et qui vient à l'appui des conclusions de M. Tresca, au sujet de l'essai au frein. Celui-ci, en définitive, peut servir à déterminer

la force maximum d'une machine, car il faut toujours faire intervenir la question du tant pour cent d'admission ; si vous n'indiquez pas de quelle façon l'essai au frein devra donner tant de chevaux, par exemple au tiers ou au quart d'admission, vous n'indiquez rien. Un essai au frein n'indique qu'une puissance maximum ; c'est donc encore une raison pour se servir de l'essai à l'indicateur, parce qu'il donne non-seulement le nombre de chevaux indiqués, mais montre à l'industriel dans quelles conditions sa machine marche ; on peut s'en rendre compte avec un diagramme donné par l'indicateur, mais 99 fois sur 100 on ne se rend compte de rien avec l'essai au frein.

M. BOUR. — Nous ne faisons jamais d'essai au frein sans faire en même temps un essai à l'indicateur ; le travail du frein n'est pas nécessairement un maximum, il est déterminé par les conditions de marche.

Mais l'essentiel, c'est que quand un industriel, qui ne sait pas faire son marché, achète une machine de 25 chevaux, il faut que ce soient 25 chevaux dont il peut se servir. La seule chose sur laquelle j'insiste, et nous sommes d'accord sur toutes les autres questions, sauf sur celle-ci, c'est que quand il n'est pas spécifié de quel cheval il s'agit, il soit entendu qu'il s'agit du cheval utilisable.

M. ROLAND. — J'espère que nous serons aussi d'accord pour supprimer l'appellation de *cheval nominal* qui ne veut rien dire.

Pendant que j'ai la parole je demanderai la permission à M. Tresca de faire une observation à propos d'un passage de son rapport où il dit en parlant de l'indicateur de pression, que c'est un instrument dont l'usage est répandu depuis de longues années en Angleterre, en Amérique et même dans le nord de la France.

Si vous appelez longtemps une période de 15 ans, de 20 ans, je crois que l'on peut dire que l'usage de cet instrument s'est répandu depuis longtemps non seulement dans le nord de la France, mais dans toutes les provinces industrielles de la France. Je puis, en tous cas, vous affirmer qu'en Normandie, l'emploi de l'indicateur de pression est très répandu depuis plus de 20 ans. Il doit en être de même à Lyon, à Marseille, à Nantes, etc.

M. TRESCA. — En indiquant cela dans mon rapport, il m'était venu à la pensée d'établir que les Anglais nous avaient précédé dans cette question de l'évaluation du travail des machines en travail indiqué et que depuis, quelle que soit la période de temps qui se soit écoulée jusqu'à ce jour, l'usage du cheval indiqué s'était répandu en France. J'ai mentionné le Nord parce que je savais qu'on y faisait usage de l'indicateur depuis un certain nombre d'années, mais je suis disposé à dire que son usage est maintenant répandu en France dans les différentes régions.

UN MEMBRE. — En Alsace-Lorraine également.

M. ED. ROY. — Tout à l'heure, Messieurs, on a émis au point de vue des marchés à passer par les acquéreurs de moteurs à vapeur une idée très juste, c'est qu'en général, l'acquéreur demande toujours à ce que la consommation de combustible soit déterminée. Eh bien, au point de vue de la puissance de la machine déterminée par l'indicateur, on a là tous les éléments, non pas pour déterminer la quantité de charbon, mais pour déterminer le poids de la vapeur consommée. Or, comme l'a très bien fait remarquer M. Tresca, dans la machine à vapeur, il y a deux parties, la machine proprement dite et la chaudière. Une machine peut être bien disposée, bien construite, et la chaudière peut être construite de manière à ne pas bien utiliser le combustible. Dans cet ordre d'idées, il est évident que la mesure de la machine, quel que soit l'emploi auquel elle est destinée, sera toujours mieux donnée par un indicateur que par un essai au frein, et comme on l'a dit, quand il s'agit de machines très puissantes, l'essai au frein devient, pour ainsi dire impossible. Si l'on veut généraliser, comme la mesure au frein n'est possible que pour les petites machines, c'est évidemment à l'indicateur qu'il faut se rattacher. On voit par là ce qu'on ne voit pas au frein. Au frein, on constate seulement une force brutale ; avec l'indicateur on constate la manière dont se comporte la vapeur dans la machine et la quantité de vapeur consommée pour produire une force donnée.

Maintenant, il y a un coefficient pratique ; le travail mesuré sur l'arbre se déduit facilement du travail indiqué, en affectant celui-ci d'un coefficient qui peut être pris égal, aujourd'hui, de 0,60 à 0,80 mais je crois qu'on ferait bien de se rattacher à la mesure à l'indicateur comme base de détermination des puissances des machines, parce que là il n'y a pas d'aléa. Et puis si la machine consomme plus que ne voulait l'acheteur, le constructeur pourra dire : Voilà quelle quantité de vapeur je consomme ; si votre chaudière ne produit pas la quantité de vapeur voulue par kilogramme de charbon, ce n'est pas mon affaire.

Il y a là deux intérêts à sauvegarder, et à ce point de vue, je crois que la mesure à l'indicateur est plus propre à sauvegarder ces intérêts.

M. ROLAND. — Quand on fait un essai au frein, si l'on veut qu'il ait toute sa raison d'être, il faut qu'il soit accompagné d'un essai à l'indicateur. Avec un essai ainsi compris, vous avez tout ce qu'il faut pour juger de la valeur de la machine et ceci est très nécessaire, au sujet de la question qui s'agite en ce moment, et pour celle qu'on vient de soulever. Ainsi, par exemple, on a trouvé que la machine Compound présentait une certaine économie sur la machine à un seul cylindre dans la consommation de *vapeur* par cheval indiqué.

Eh bien, si avec la machine à un seul cylindre nous avons un rendement de 90 % et si, avec la machine Compound, nous n'avons qu'un rendement de 80 %, il peut se faire qu'en somme, il n'y ait pas d'économie pour l'industriel à avoir deux cylindres à sa machine, car, ce qui l'intéresse, ce n'est pas le travail indiqué dans le ou les cylindres, c'est celui qui est utilisable, celui qui est à sa disposition sur l'arbre du moteur. Il y a donc un intérêt énorme à savoir si la machine qui consomme très peu par cheval indiqué a un rendement élevé, pour cela, il faut faire l'essai au frein lequel, je le répète, comporte implicitement l'essai à l'indicateur.

M. LE PRÉSIDENT. — Il me semble que c'est l'avis général de faire toujours l'essai à l'indicateur et de faire quand on peut l'essai au frein, détermination du travail utilisable.

M. BOUR. — Je ne sais pas si j'ai mal compris M. Roy, mais il me semble résulter de ce qu'il a dit que l'examen du diagramme peut donner la consommation de vapeur. Cela n'est pas très exact ; car cette mesure donnerait lieu à des erreurs qui pourraient varier de 25 à 50 %.

M. LE PRÉSIDENT. — Le diagramme donne le travail. Je ne sais pas si je me trompe, mais il me semble que l'opinion prédominante serait l'utilité des deux essais ; l'utilité très générale de l'essai à l'indicateur, et puis dans le cas où on peut l'appliquer, l'essai au frein.

M. HANARTE. — Dans les essais à l'indicateur faits sur des machines à deux cylindres attelées directement à des compresseurs à air, lesquels constituent des dynamomètres autrement prédis que les freins, j'ai parfois constaté que l'un des cylindres travaillait plus que l'autre. Dans le cas particulier dont je parle une partie du travail produit par l'un des cylindres passait par l'arbre du volant et venait aider l'autre cylindre. De là des anomalies dans la comparaison du travail brut produit par la vapeur avec le travail récolté indiqué par le diagramme pris sur le compresseur d'un côté de l'installation jumelle.

Cette observation qu'il eut été difficile de faire avec les freins dynamométriques indique clairement l'absolue nécessité de prendre les diagrammes, non seulement des deux côtés du cylindre, mais simultanément sur les deux cylindres des installations doubles.

M. LE PRÉSIDENT. — Quand on parle d'essais à l'indicateur, bien entendu, il s'agit d'essais faits dans les meilleures conditions.

M. ROY. — Quand j'ai parlé d'essais à l'indicateur, j'ai voulu parler d'essais complets, parce que tout le monde sait bien qu'il arrive fort souvent que le diagramme de l'avant n'est pas le même que celui de l'arrière, et si on a deux cylindres il faut faire l'essai sur les deux côtés de chaque cylindre.

En ce qui concerne la variation du coefficient de rendement donné par le rapport entre le nombre de chevaux mesurés sur l'arbre et le nombre de chevaux indiqués, je ne crois pas qu'il y ait des variations de 25 à 50.

M. BOUR. — Ce n'est pas ce que j'ai dit. Je n'ai pas parlé de 25 à 50 % de variation sur le coefficient de rendement d'une machine, j'ai dit que si on voulait mesurer la consommation d'une machine en mesurant, d'après le diagramme, la quantité de vapeur admise au cylindre, on s'exposerait à des erreurs variant de 25 à 50 %.

M. ROY. — Je ne le crois pas, parce que la quantité de vapeur admise au cylindre est déterminée, vous possédez sa tension à la chaudière et sa tension à l'admission.

M. LE PRÉSIDENT. — Cette discussion est peut être très intéressante, mais je suis bien embarrassé pour vous proposer un vote.

M. ROLAND. — Il me semble, Monsieur le Président, qu'on pourrait proposer les résolutions suivantes :

Il est admis par le Congrès que :

1° *L'expression « cheval nominal » qui ne représente rien doit être abandonnée.*

2° *Quand le mot « cheval » ne sera pas qualifié il s'agira du cheval effectif, utilisable, mesuré au frein.*

Il est bien évident que lorsque le mot « cheval » est qualifié, il ne peut y avoir doute sur l'interprétation et que, par suite, on ne doit jamais négliger, dans un contrat, de spécifier nettement les conditions que doit remplir la machine que l'on commande.

M. LE PRÉSIDENT. — Et s'il s'agit d'une machine à laquelle l'essai du frein ne sera pas applicable ?

M. ROLAND. — Alors on mettra sur le marché « cheval indiqué ».

M. BOUR. — Nous discutons en ce moment pour arriver à l'unité ; il faut adopter une solution ou l'autre, mais on ne peut pas dire que nous les maintenons toutes les deux, puisqu'il n'y a pas entre le cheval-frein et le cheval indiqué un rapport constant.

M. ROLAND. — Nous ne pouvons pas ne pas maintenir les deux unités : cheval indiqué et cheval effectif, elles sont toutes les deux obligatoires.

M. ROY. — Quand il y a discussion entre un constructeur et un acquéreur sur les machines très puissantes sur lesquelles il serait difficile de disposer un frein, qu'est-ce qui déterminera si c'est l'acheteur ou le constructeur qui a raison ? Ce ne peut être autre chose que la mesure à l'indicateur.

M. HOSPITALIER. — Je crois que la discussion s'engage sous une forme qui ne peut pas amener de solution. La question portée au programme est l'unification du cheval-vapeur. Je sais ce qu'est une puissance à l'in-

dicateur ou une puissance au frein, mais je ne sais pas ce que sont le cheval indiqué et le cheval au frein. On mesure la puissance d'une machine ; on ne mesure pas le cheval d'une machine.

Je voudrais donc qu'on définit d'abord le cheval-vapeur comme unité de puissance industrielle.

Dernièrement, au congrès des électriciens, nous avons adopté une unité de puissance basée sur le système C. G. S., c'est le kilowatt ; cette unité a sur le cheval-vapeur l'avantage d'être exactement définie.

Je ne sais pas ce que c'est que le kilogrammètre ; sa valeur dépend en effet de l'accélération qui varie aux différents points du globe.

Dans ces conditions, le kilogrammètre n'est pas défini, et le cheval-vapeur ne l'est pas davantage.

Il faut donc d'abord définir l'unité de puissance avant d'en faire l'application spéciale aux machines à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT. — Mais il me semble que la définition du cheval-vapeur existe, c'est 75 kilogrammètres par seconde.

M. HOSPITALIER. — Je demande ce que c'est que le kilogrammètre.

Il faut admettre pour l'accélération une certaine valeur ; nous, nous *acceptons* pour cette valeur 9,81.

C'est l'unité d'accélération qu'il faut définir avant de définir le kilogrammètre.

M. TRESCA. — Il ne peut y avoir aucune divergence sur la définition du kilogrammètre c'est le travail nécessaire pour élever un kilogramme à une hauteur de 1 mètre, ou pour élever 10 kilogrammes à 1 décimètre.

M. HOSPITALIER. — Il y a des différences sensibles avec l'altitude et la latitude, le kilogramme est donc une unité de force variable et mal définie.

M. LE PRÉSIDENT. — Je ne crois pas que nous ayons à examiner ici les variations de la pesanteur. Il faut que nous aboutissions ; par conséquent je vais mettre aux voix les propositions de M. Roland : 1° il s'agit de la suppression du cheval nominal.

« *Le Congrès adopte cette proposition* ».

2° M. Roland demande, que quand, dans un marché, le cheval ne sera pas qualifié, il s'agisse du cheval effectif, c'est-à-dire du cheval mesuré sur l'arbre.

M. PÉRISSE, — Je crois que ce n'est pas absolument l'affaire du Congrès de définir ce qu'on doit entendre par tel ou tel mot inséré dans un contrat. Je crois que les contrats doivent être interprétés par les tribunaux et non par un congrès qui doit traiter des questions de principe et définir des unités scientifiques. D'après les unités que nous adopte-

rons d'une manière générale, et, suivant les pays, les habitudes des contrées, le tribunal décidera que le cheval signifie telle ou telle chose. Je crois donc qu'il faut chercher quelles sont les unités à adopter d'une manière générale.

M. ROLAND. — C'est précisément pour cela que je propose de donner au mot « cheval » non qualifié, le sens que nous attribuons au cheval utilisable.

M. PÉRISSE. — Mon opinion est qu'il y a lieu d'adopter d'une manière générale le cheval qui s'applique partout, c'est-à-dire le cheval indiqué. Quant au cheval-frein, il intervient surtout dans les questions de rendement.

C'est un moyen de vérification de la bonne livraison d'un constructeur, mais ce n'est pas une question de définition. Pour moi, la définition doit être aussi générale que possible et la seule définition rationnelle c'est le cheval mesuré à l'indicateur.

Ma conclusion serait que le Congrès décidât que, d'une manière générale tous les contrats de machines devront spécifier la puissance réalisée à l'indicateur, sauf ensuite, dans d'autres articles de ces contrats à donner toutes les garanties de construction, de consommation, de bonne utilisation que chacun sera libre d'imposer ou d'accepter ; mais, au point de vue de la définition, je crois qu'on doit adopter le cheval indiqué.

M. ROLAND. — Je voudrais faire remarquer encore que l'unité que nous avons à choisir ne doit pas s'appliquer seulement à la spécification de la puissance des moteurs à vapeur mais qu'elle doit être adoptée d'une façon générale, et, qu'à ce point de vue, c'est encore le cheval effectif qui doit être choisi.

Je ne vois pas ce que serait le cheval indiqué dans un moteur hydraulique, dans un moulin à vent, etc.

M. LE PRÉSIDENT. — Il me paraît bien difficile que le Congrès prenne une détermination, car enfin vous aurez beau décider tout ce que vous voudrez et le justifier par des raisons très bonnes d'un côté et de l'autre, vous n'empêcherez pas les industriels qui ont des traités à passer, de les passer comme ils le jugeront. Vous ne pouvez pas imposer de règles absolues.

M. TRESCA. — On peut donner des conseils.

M. BOUDENOOT. — Il me semble résulter de cette discussion qu'il faut que les marchés soient faits de la manière la plus explicite possible. Il est à souhaiter que les ingénieurs et les industriels soient très-précis dans les termes de leurs marchés.

M. PÉRISSE. — Je vais vous lire un texte qui d'après moi va résumer tout ce que nous avons dit jusqu'ici. Ce que nous cherchons, c'est d'é-

mettre des vœux au sujet des conditions à introduire dans les contrats.

Nous pourrions émettre le vœu suivant :

« *Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer les chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer, avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que les contrats de machines à vapeur spécifient de préférence la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.* »

M. DELAUNAY. — J'adopte absolument les considérants de la proposition de M. Périssé, mais je voudrais que la conclusion fût différente et que le mot *contrat* n'y figurât pas. Je voudrais que le Congrès déclarât que l'unité de puissance est le cheval indiqué de 75 kilogrammètres par seconde.

M. HOSPITALIER. — Le mot « cheval » devrait être laissé de côté.

M. TRESCA. — Nous n'avons pas les mêmes raisons que les électriciens pour faire disparaître les dénominations de kilogrammètre, unité de travail, et de cheval-vapeur, unité de puissance, et je crois que nous devons maintenir ces dénominations dans le langage de la mécanique industrielle.

M. CASALONGA. — Nous sommes ici pour faire de l'*unification*. Nous ne pouvons donc pas adopter pour *unité* de puissance des machines le chiffre de 75 kilogrammètres quelle que soit, d'ailleurs, la valeur du kilogrammètre. On me dit : le chiffre de 75 kilogrammètres existe, il n'y a pas de raison pour le supprimer. Mais il n'y a pas d'inconvénient non plus à adopter, pour le cheval-vapeur, l'unité de 100 kilogrammètres ; et en cela nous contribuerons à sanctionner et à affermir le système métrique à l'étranger aussi bien qu'en France. Toutes les nations y viennent. Je ne vois à cela aucune espèce d'inconvénient, et je serais surpris que M. Tresca n'appuyât pas ma motion, car il se souvient de la grande mémoire de son père qui a tant contribué à répandre le système métrique.

Maintenant, j'arrive à la question scientifique qui vient d'être posée. Il n'y a pas à la discuter en elle-même ; mais je crois devoir faire remarquer qu'il faudrait, si on acceptait la valeur proposée par M. Hospitalier, adopter dans chaque pays une puissance différente, variable encore avec le lieu dans lequel on se trouverait, si bien qu'un bateau à vapeur aurait une puissance au Havre et une autre à New-York.

Il est de toute nécessité d'accepter une mesure moyenne et je crois que nous pouvons nous accommoder de celle qui existe.

En ce qui concerne l'indication de la puissance, il faut toujours en venir à la puissance effective ; toutefois, dans bien des cas, cette me-

sure n'est pas possible. J'espère qu'on arrivera avant peu à trouver l'instrument à l'aide duquel on pourra toujours mesurer cette puissance ; mais en attendant que nous ayons cet instrument, pour les appareils dont la mesure directe sur l'arbre n'est pas possible, il faut se contenter de la puissance indiquée ; mais en y prenant garde, car la puissance indiquée n'est pas réellement déterminée par le diagramme ; il y a dans le diagramme un *déchet* dont il faut tenir compte et qui est, d'autant plus grand que la pression initiale et la vitesse sont grandes.

A défaut d'une expérience directe au frein, complétée par le relevé des diagrammes, je proposerais de déterminer le travail effectif d'après le diagramme à pleine charge diminué du diagramme de la marche sans charge, le résultat étant lui-même diminué de l'excès du travail de frottement et d'un certain déchet provenant de ce que la partie de chaleur contenue dans la vapeur, partie qui pouvait se transformer en travail, n'a pu se transformer entièrement. Ce déchet est d'autant plus grand, dans un même cylindre, que la pression est haute et la détente prolongée.

M. BOUDENOOT. — De concert avec MM. Périssé et Delaunay, j'ai modifié le vœu qu'a présenté M. Périssé. Ce vœu se termine maintenant ainsi :

« Le Congrès émet le vœu qu'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde. »

M. TRESKA. — Messieurs, M. Casalonga a répété aujourd'hui la proposition faite au Congrès de 1878. J'ai cru indiquer dans mon rapport quelles sont les raisons qui ont fait que cette proposition ne fut pas adoptée.

Si nous voulions changer cette unité connue de 75 kilogrammètres par celle de 100 kilogrammètres par seconde nous nous heurterions à des difficultés considérables et nous ne serions pas certains d'être écoutés ; si au contraire nous voulons généraliser l'emploi du cheval de 75 kilogrammètres par seconde, nous avons des chances d'en répandre l'usage. Je crois donc que nous ne pouvons pas trop nous ranger à l'avis de M. Casalonga.

M. HOSPITALIER. — Les Electriciens ont adopté le kilowatt qui correspond environ à 101,9 kilogrammètres par seconde ; vous pourriez bien changer le nom de cheval-vapeur et adopter le cheval-métrique de 100 kilogrammètres par seconde, le nombre arbitraire 75 n'ayant pas de raison d'être et ne se comprenant pas un siècle après la Révolution. Le cheval-métrique et le kilowatt auraient ainsi sensiblement la même valeur, mais porteraient des noms distincts évitant de les confondre.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix les deux chiffres de 75 kilogrammètres et de 100 kilogrammètres par seconde.

Le Congrès décide de conserver le chiffre de 75 kilogrammètres par seconde pour valeur de *cheval*, unité industrielle de puissance mécanique.

Le Congrès est ensuite consulté au sujet de la proposition de vœu de MM. Périssé, Delaunay et Boudenoot : *Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein ;*

« Attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer, avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vapeur à vide ou en charge ;

« Le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde. »

Cette proposition est adoptée.

La parole est donnée à M. Boudenoot au sujet de son rapport sur la transmission à distance et la distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, air, vapeur, câbles, etc.) (1).

M. BOUDENOOT. — Messieurs, vous savez que le Comité d'organisation du Congrès de mécanique appliquée a mis à l'ordre du jour de ses travaux une question ainsi conçue : « transmission à distance et distribution du travail. »

Le Comité m'a fait le très grand honneur de me charger de rédiger le rapport relatif à cette question. Je me suis appliqué de mon mieux à remplir la tâche qui m'était confiée.

Entrant dans le fond de mon sujet, je rappellerai que, d'après le programme qui a été donné au rapporteur, nous devons surtout avoir pour but de provoquer de la part des membres du Congrès auxquels le rapport devait être remis, des discussions utiles et fécondes sur les différents points de la question qui doit être traitée, de provoquer également la production de faits et de documents nouveaux et enfin des communications qui porteraient soit sur l'ensemble du sujet, soit sur la comparaison des divers agents de transmission de la force, soit enfin sur une sorte de monographie ou sur un détail important, — théorique ou pratique, — de la question.

Ce but a été atteint puisque, après l'envoi du rapport fait aux membres du Congrès, nous avons reçu l'annonce de diverses communications sur le sujet mis à l'ordre du jour, communications que le nom seul de leurs auteurs recommande à votre bienveillante attention.

(1) Le rapport de M. Boudenoot est publié *in extenso*, tome 4.

C'est ainsi que je citerai une communication qui nous est annoncée par M. William Donaldson et qui a pour titre : *Transmission de la force par les fluides sous pression et son application spéciale au pompage des eaux d'égoût*. Ce travail très important nous a été adressé en langue anglaise, et je crois que le congrès s'unira à moi pour remercier M. Richard de l'avoir traduit il y a une quinzaine de jours, ce qui nous a permis de le faire imprimer et de vous le distribuer aujourd'hui.

Nous avons eu ensuite une communication annoncée par M. Dufresne sur la compression de l'air comme transmission de la force ; puis une communication faite par M. Hanarte, qui est l'auteur d'un mémoire très important sur l'air raréfié, communication qui est également à notre ordre du jour et qui a pour titre : *Pompe à épanouissement parabolique pour l'exhaure et la compression de l'air*.

Enfin nous avons eu l'annonce d'une communication de M. Brancher, intitulée : *Rendement des poulies de transmission suivant la construction et l'installation*.

Peut-être aurons-nous encore d'autres communications au cours du congrès.

M. Boudenoot continue par l'examen de son rapport.

Il insiste sur les points suivants, et développe la partie relative à l'installation réalisée rue Beaubourg pour la distribution de la force motrice à domicile par l'air raréfié.

Passant rapidement sur les considérations générales, M. Boudenoot rappelle le souhait qu'il y a exprimé de voir s'établir un peu d'ordre dans les dénominations usitées en mécanique, et demande au Congrès d'ouvrir une discussion qui puisse aboutir à l'adoption, pour la mécanique, d'une terminologie moins variable que celle qui est usitée aujourd'hui, et d'un langage unique, fixe et déterminé.

Abordant ensuite l'examen des divers agents de transmission, M. Boudenoot dit que les services que l'ingénieur, l'industriel ou les particuliers peuvent réclamer au *travail* sont de trois sortes : on peut demander de la *lumière*, du *mouvement* ou de la *force proprement dite*, enfin de la *chaleur*.

En mettant en tête les agents de transmission qui peuvent fournir à la fois, d'une manière directe et immédiate, les trois marchandises susceptibles d'être demandées, puis ceux qui peuvent en donner deux, enfin ceux qui n'en peuvent fournir qu'une, on arrive à former le tableau suivant :

NOMS des agents	GAZ	Électricité	VAPEUR ou eau surchauffée	EAU sous pression	AIR	CABLES
Marchandises fournies directement	Lumière . Chaleur . Force ...	Lumière . Chaleur(?) Force Chaleur . Force Force Force Force ...

Si cet ordre marque, au point de vue théorique, général et abstrait, une certaine supériorité aux agents classés les premiers, il n'en faut pas conclure que cette supériorité existe pratiquement dans tous les cas qui peuvent se présenter.

La préférence à donner à tel ou tel système, dans un cas déterminé, dépend d'une foule de circonstances : d'abord, de la marchandise demandée; n'a-t-on besoin que de force, ou en même temps de force et de lumière, ou à la fois de force, de lumière et de chaleur? puis, de la facilité avec laquelle on peut se procurer, selon les temps ou selon les lieux, les divers agents de transmission, et de leur prix de revient; ensuite de la quantité de force demandée; enfin des exigences plus ou moins complexes de la transmission; est-ce un simple transport de force, d'un point à un autre, ou bien une distribution multiple?

Arrivant alors à l'étude des divers agents de transmission, M. Boudenoot s'en réfère à ce qu'il a dit dans son rapport au sujet du gaz, de l'électricité, de la vapeur ou eau surchauffée, et des câbles.

Passant enfin à l'air, M. Boudenoot s'exprime ainsi :

L'air peut s'employer sous deux formes, comprimé ou raréfié : et les deux systèmes sont employés à Paris.

En ce qui concerne l'air comprimé et la distribution de la Compagnie parisienne (procédés V. Popp), je passerai rapidement, ce sujet devant être traité par M. Solignac qui s'est inscrit ce matin pour en parler dans les séances de la troisième section du Congrès.

Ce système consiste à entretenir dans la canalisation une pression de 2 à 3 kilogrammes par centimètre carré, qu'utilisent chez les clients des machines réceptrices, lesquelles sont rotatives pour les forces inférieures à un cheval, à cylindre et à piston pour un cheval et au-dessus; ces dernières ne sont souvent que des machines à vapeur, anciennes ou neuves, dans lesquelles on fait passer de l'air au lieu de vapeur.

L'usine est située à l'extrémité de Paris, près du lac Saint-Fargeau; la canalisation est, par conséquent, très étendue, la perte de charge est notable, et l'on doit entretenir à l'usine un fort excès de pression. On y

produit, en effet, de l'air comprimé à 6 ou 8 kilogrammes par centimètre carré.

Les applications de l'air comprimé sont, pour quelques-unes, les mêmes que celles de l'air raréfié, c'est-à-dire la distribution de petites forces ; mais ce cas, d'ailleurs peu avantageux, est assez restreint, et la plupart des moteurs à air comprimé sont employés en vue de forces moyennes (presses, laminoirs, broyeurs, etc.), et surtout pour actionner des dynamos produisant l'éclairage électrique.

Toutefois il ne faut pas classer l'air comprimé parmi les agents de transmission fournissant autre chose que la force ; *parce que ce n'est pas directement, mais indirectement* qu'il produit la lumière.

Il ne donne, en effet, l'énergie électrique qu'après une nouvelle installation et après une nouvelle transformation (d'air en électricité) de la force qui a déjà été transformée de *vapeur en air*.

J'arrive enfin à la transmission du travail par l'air raréfié, système sur lequel je pourrai m'étendre un peu plus, m'en étant spécialement occupé.

L'usine de distribution de force motrice à domicile, dont je vais vous décrire les installations, est dirigée par mon collègue, M. Petit, et moi. Elle a été fondée en 1885, en vue de fournir, dans leur logement même, aux ouvriers en chambre et aux petits fabricants répandus dans le quartier Saint-Avoye, la force motrice dont ils ont besoin pour actionner leurs outils.

C'était alors la première fois qu'on mettait en pratique cette idée féconde d'aller trouver le travailleur dans son domicile même, à son foyer et au sein de sa famille, et de mettre là, entre ses mains, la force qui lui est nécessaire, au moyen d'un procédé simple, commode, économique.

Depuis lors, d'autres tentatives, d'autres entreprises ont été faites dans la même voie, mais sans revêtir, comme la nôtre, le caractère tout particulier qui la distingue exclusivement et qui en fait le précieux auxiliaire de la petite industrie parisienne dont elle a contribué à perfectionner l'outillage et à abaisser les prix de revient, à qui, par suite, elle a rendu la concurrence étrangère moins redoutable et plus facile à vaincre.

Quel que soit, d'ailleurs, l'avenir réservé aux diverses entreprises du même genre réalisées aujourd'hui, il me semble intéressant de rappeler, au début de cette étude, quels sont les ingénieurs (et je suis heureux de dire que ce sont des ingénieurs français) qui ont donné les premiers une solution pratique du problème de la distribution à domicile de la force.

Plus l'exemple donné est fécond et trouve d'imitateurs, plus il est juste de revendiquer, pour les initiateurs du mouvement, la priorité qui leur est due et l'honneur qui s'y attache.

J'ai expliqué, dans mon mémoire, comment dans le cas que nous avons en vue, nous avons été amenés à préférer l'air raréfié à l'air comprimé.

Je rappellerai ici seulement que ce cas n'est pas celui d'un simple transport de force d'un point à un autre, mais celui de la division de l'énergie en petites fractions et de sa distribution dans des rues et maisons avoisinant une usine centrale. Il fallait donc avoir recours à un agent qui comportât, outre le transport de l'énergie, sa division en parcelles, et qui se prêtât à cette distribution fractionnelle.

Les câbles y sont évidemment impropres ; la vapeur d'eau utilisée à New-York n'avait pas eu grand succès en 1885 ; et l'eau surchauffée n'avait pas encore été essayée, comme elle l'a été depuis à Boston ; l'eau sous pression ne peut être employée à Paris où elle n'est fournie ni en assez grande quantité, ni en pression assez élevée ; les moteurs à gaz, qui résolvent en un sens la question, présentent, dans les étroits logements des travailleurs en chambre, des inconvénients graves au point de vue de la sécurité, de la commodité et de l'hygiène ; restent donc l'air et l'électricité.

Mais si cette dernière, on peut le dire, opère des merveilles, elle est, par compensation, d'un maniement délicat et parfois dangereux : les conducteurs et les courants à haute tension peuvent devenir un danger ; et les petits moteurs électriques à placer chez les ouvriers ne peuvent être abandonnés aux mains de tout le monde sans qu'il y ait parfois du péril, souvent des détériorations et des mises hors d'état de fonctionner plus ou moins longues.

L'électricité, d'ailleurs, à l'époque où nous fondions l'usine de la rue Beaubourg, était loin d'avoir donné des résultats et d'être entrée, à ce point de vue, dans la pratique courante comme nous l'avons vu depuis ; et on la considérait alors seulement comme l'agent par excellence du transport de grandes forces à de grandes distances : mais, pour le transport de petites forces à de petites distances, il nous paraissait préférable d'avoir recours tout simplement à l'air atmosphérique, comprimé ou raréfié. L'air comprimé a son emploi tout indiqué quand il s'agit d'une force moyenne à transmettre tout entière en un point donné ou en quelques points sans division trop multiple, par exemple, pour actionner les perforatrices des galeries de mines ou de tunnels ; mais, pour la distribution à domicile d'un grand nombre de petites forces dans un rayon peu étendu, il nous parut plus simple, plus commode et plus économique d'avoir recours à l'air raréfié.

Ces conclusions, discutées par divers ingénieurs de grand mérite à la Société des Ingénieurs civils de France, y furent appuyées par plusieurs techniciens et notamment par M. Piarron de Mondésir qui, bien que

s'étant occupé jusqu'alors d'air comprimé, au point de vue théorique et au point de vue de ses diverses applications, reconnu, après étude, que l'air comprimé ne peut être avantageux que dans le cas où l'on a besoin d'une force motrice assez considérable ; et que, pour les petites forces motrices nécessaires à l'industrie en chambre, soit de 10 à 200 kilogrammètres environ, il est préférable d'employer l'air raréfié.

Ce système, ajoutait-il, outre sa simplicité, comporte sur tous les autres le grand avantage d'être hygiénique, puisqu'il renouvelle l'air de la chambre de travail ; et cet avantage n'est pas à dédaigner dans les quartiers populeux où l'agglomération ouvrière est considérable et où les logements sont, en général, malsains et étroits.

Voici, en quelques mots, le principe du système.

On entretient, au moyen des machines pneumatiques de l'usine centrale, un vide de 70 % environ dans une canalisation pénétrant dans les logements des travailleurs en chambre qui peuvent, à volonté, la mettre en communication avec les petits moteurs à air installés chez eux, et mettre ainsi ces derniers en mouvement.

Ce simple énoncé montre que l'ensemble des installations, comme dans toute entreprise analogue, comporte trois parties principales : *l'usine centrale, la canalisation, les machines réceptrices ou moteurs à air.*

A *l'usine centrale*, deux générateurs à bouilleurs et semi-tubulaires fournissent la vapeur à trois machines Corliss, horizontales, dans lesquelles le cylindre à vapeur est suivi d'un cylindre aspirant ; la même tige porte les deux pistons.

Les pistons portaient au début des garnitures en caoutchouc ; on leur a depuis substitué des pistons à segments en bronze.

La garniture des premiers s'usait vite ; une communication s'établissait entre les deux faces du piston ; les parcelles de caoutchouc s'agglutinaient avec les poussières aspirées et bouchaient les grilles des clapets.

Avec le bronze, le premier inconvénient a disparu, le second a diminué ; seulement on ne peut empêcher les poussières aspirées de former encore des dépôts, moins gênants qu'autrefois, mais qu'on doit rendre inoffensifs en nettoyant trois ou quatre fois par an les grilles des clapets.

L'existence de ces poussières conduit à préférer, pour l'aspiration, des machines à soupapes aux machines à tiroir.

J'ai examiné à nouveau cette question, il y a quelque temps, sollicité par une brochure de M. Weiss, ingénieur à Bâle, traduite par M. Alfred Pache, ingénieur à Mulhouse, et dans laquelle on préconise les ma-

chines à tiroir sous prétexte qu'on peut, avec elles, aller plus vite et diminuer l'influence des espaces nuisibles.

Le premier fait est exact ; le second est douteux, car si l'on diminue la capacité de l'espace nuisible, on en multiplie l'action en faisant marcher la machine plus vite. D'ailleurs, comme les poussières viendraient se placer dans les canaux et sur la glace du tiroir, on aurait à craindre des grippements et un mauvais fonctionnement, ce qui produirait des inconvénients plus fâcheux que ceux de la machine à soupapes.

Je ne suis pas non plus de l'avis de M. Weiss qui combat l'injection d'eau dans les cylindres à air et préconise le refroidissement par surfaces extérieures ; je considère ce dernier comme inefficace, à moins d'une énorme dépense en eau, et comme exigeant des enveloppes trop volumineuses dans le cas de l'air raréfié.

Je conclus donc à l'emploi des cylindres aspirants à soupapes, avec injection d'eau pulvérisée, en admettant que les pompes à vide doivent marcher lentement.

Des appareils *enregistreurs et totalisateurs de tours*, adaptés aux machines aspirantes, font connaître, heure par heure, les variations de travail chez la clientèle et rendent compte du travail total effectué chaque mois pour produire la force.

Des *indicateurs de vide*, des *manomètres de vide avertisseurs*, des régulateurs spéciaux, mus par la pression même de la canalisation, permettent de régler l'aspiration suivant les besoins du travail.

Des pneumographes enregistrent le vide des conduites, à l'usine d'abord, auprès des *réservoirs d'air*, qui font office de régulateurs de pression et qui sont interposés entre les pompes à air et la canalisation, puis en divers points des conduites.

La *canalisation* est constituée par des tuyaux en fonte posés en tranchée ou dans les égouts, et dont le diamètre diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'usine (300 millimètres, 250, 200, 150, 100 millimètres).

Depuis cinq ans, aucune fuite, aucun engorgement n'a été constaté, dans la canalisation.

Les tuyaux de branchement et les colonnes montantes sont en plomb, de diamètres plus ou moins petits suivant qu'il y a un ou plusieurs clients dans l'immeuble (80 millimètres, 60, 40, 25 millimètres).

Des raccords, clefs, robinets de branchement, valves maîtresses et secondaires, pièces de réduction diverses, complètent les organes de la canalisation dont les joints sont recouverts par une bague, où l'étanchéité est maintenue au moyen de plomb coulé et maté après refroidissement.

Les *machines réceptrices*, ou *moteurs à air raréfié*, sont du type dit à *fourreau*.

Au début de l'exploitation, nous avons essayé trois espèces de moteurs : les moteurs oscillants, les moteurs rotatifs et les moteurs à fourreau.

Nous avons été rapidement conduits à abandonner les deux premiers types, à cause des fuites qu'ils recélaient après un mois ou deux de marche, pour nous en tenir au troisième.

Au point de vue de la force qu'ils peuvent donner, les moteurs sont rangés en trois catégories, savoir :

Ceux dits de 100 kilogrammètres, qui peuvent donner jusqu'à 120 kilogrammètres, c'est-à-dire plus d'un cheval et demi ;

Ceux dits de 50 kilogrammètres, qui peuvent donner jusqu'à près d'un cheval ;

Ceux dits de 25 kilogrammètres qui peuvent donner jusqu'à près d'un demi-cheval.

En somme, les moteurs sont donc d'un demi-cheval, d'un cheval et d'un cheval et demi.

Avec ces trois catégories, l'on peut satisfaire à tous les besoins de la clientèle qui s'échelonnent de 10 ou 15 kilogrammètres jusqu'à un cheval et demi, et même jusqu'à trois chevaux. C'est ainsi que chez quelques clients, on a des installations de près de trois chevaux obtenues en accouplant deux moteurs d'un cheval et demi.

Multiplier davantage les catégories de moteurs, comme on en avait eu un instant la pensée, présenterait des inconvénients dans la pratique de l'exploitation.

Le *moteur à fourreau* comporte, indépendamment des organes d'admission et d'échappement, trois pièces principales : le *bâti*, le *cylindre* et le *piston-fourreau*.

Le *bâti* est divisé en deux chambres, dont l'une est un petit réservoir d'air raréfié ; l'autre admet l'air ambiant. Des canaux mettent ces chambres en communication tantôt avec la partie supérieure tantôt avec la partie inférieure de l'anneau cylindrique.

La partie centrale du *cylindre* est occupée par le *piston-fourreau* sur les bords duquel s'exerce la pression, dans la partie annulaire.

Le fourreau supérieur contient la bielle ; le couvercle du cylindre porte deux supports qui reçoivent l'arbre et son volant.

Un régulateur à force centrifuge ouvre plus ou moins la conduite d'entrée de l'air et règle le moteur à un nombre de tours déterminé suivant les cas.

Dans ces conditions, la pression dans les conduites étant constante,

le travail fourni par le moteur en marche est proportionnel au nombre de tours.

Chaque moteur porte un compteur de tours qui peut compter jusqu'à dix millions et qu'on relève tous les dix jours pour établir la recette à percevoir pour location de force : on ne fait ainsi payer à l'abonné que la force qu'il a réellement dépensée.

On essaye tous les moteurs à l'usine avant de les placer en ville.

De ces essais, il résulte qu'un moteur à fourreau de 50 kilogrammètres, par exemple, a permis d'établir le tableau suivant :

MARCHÉ	Dépense d'air par minute	PRESSION	Travail donné dans le cylindre	Travail donné au frein	Rendement organique
	litres	atmos.	kilogram.	kilogram.	
A faible charge.....	7	— 0,282	49,50	33,58	68 %
En charge moyenne.....	17	— 0,414	67,66	54,86	81 %
En pleine charge ou normale.	16	— 0,540	81,25	71,00	88 %

Les résultats obtenus ont été trouvés à peu près les mêmes pour tous les moteurs de même catégorie. On a ainsi constaté que les machines à air donnent un meilleur rendement lorsqu'elles marchent en pleine charge que lorsqu'elles fonctionnent sous charge faible ; en outre, on a reconnu que le rendement organique obtenu est aussi bon que possible (68 %, 81 %, 88 %), supérieur même à ce qu'on avait espéré. Ce résultat montre que les dispositions adoptées pour la machine ont été bien conçues et fait honneur à ses constructeurs MM. Sarallier et Pradel. Le mécanisme en est soigné, et pourtant tous les organes sont robustes, et le moteur est facile à conduire à toutes les allures.

Ce sont ces petits moteurs à air qui, ayant pris part au concours ouvert, en 1886, par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, ont obtenu le prix décerné aux moteurs domestiques et qui nous ont valu, à M. Petit mon collègue et à moi, une médaille commémorative de collaboration (1).

Les applications des *moteurs à air raréfié* sont toutes du domaine de la petite industrie parisienne ; ils mettent en œuvre : des tours à percer et à roder, des outils à travailler le bois, le cuivre, l'ivoire, l'ébène, l'écaille, le celluloïde ; des scies circulaires et à rubans, des fraises, des laminoirs, etc. Ils sont répandus chez les ébénistes, orfèvres, gra-

(1). — Ces mêmes moteurs, exposés en 1889, ont fait décerner à la Société de la rue Beaubourg, qui exposait pour la première fois, une médaille d'argent.

veurs, bijoutiers, imprimeurs, rémouleurs, fabricants de peignes, de brosses, de boîtes à bonbons, de pendules de voyage, de manches d'ombrelles et d'écrans, qui habitent dans un rayon de 700 à 800 mètres autour de l'usine ; ils utilisent une force variant de 5 kilogrammètres à 3 chevaux.

Telles sont, Messieurs, les conditions dans lesquelles fonctionne aujourd'hui, à la grande satisfaction de ses abonnés, l'usine de la rue Beaubourg qui, la première, a fait pénétrer les bénédictions du progrès, les bienfaits de la technique moderne, dans le plus humble atelier, chez le plus pauvre artisan, et montre que la science ne favorise pas seulement les grandes Sociétés, les entreprises colossales, au détriment des petits et des travailleurs, mais vient aussi en aide à la petite industrie et à ses modestes agents.

Cette création a reçu des Sociétés savantes et techniques, Société des Ingénieurs civils, Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, Société d'économie sociale et Unions sociales, ainsi que d'un grand nombre d'Ingénieurs éminents de la France et de l'étranger, des témoignages d'intérêt, et des encouragements très précieux qui nous ont soutenus dans les difficultés de toute sorte qui entourent une œuvre nouvelle.

Il ne me reste plus, Messieurs, pour finir, qu'à vous remercier de l'attention que vous m'avez prêtée, et qu'à vous rappeler que, suivant le programme arrêté pour les travaux du Congrès, ceux d'entre vous qui, à l'issue de la séance, voudront visiter les installations de la rue Beaubourg, y seront reçus avec plaisir par mon collègue, M. Petit, et moi.

Nous serons très heureux de vous montrer les choses que je viens de vous décrire rapidement et de vous donner, sur place, les explications et les renseignements complémentaires que vous jugerez intéressant de nous demander.

M. HANARTE demande si l'on enregistre les dépressions aux divers points de la canalisation.

M. BOUDENOOT. — J'ai dit que de place en place, tous les 300 ou 400 mètres, il y a des pneumographes installés. Ces pneumographes enregistrent la pression sur des cartes qu'on relève tous les jours et qu'on compare avec la carte du pneumographe de l'usine.

M. HANARTE. — Je me rappelle avoir lu, dans notre bulletin de la Société des Ingénieurs civils de Paris, le travail que vous avez publié relativement à vos installations de l'air raréfié.

J'y ai vu que vous adoptez pour évaluer les pertes de charge dues à la circulation de l'air raréfié, la formule, généralement employée du reste, de M. Stockalper, résultant des expériences de Gothard et c'est à ce point de vue que je désire présenter une observation.

M. Stockalper arrive à cette conclusion, qu'il suffit d'adopter les formules et le coefficient relatif à la circulation de l'eau et de réduire la perte de charge trouvée dans le rapport de la densité initiale de l'air à celle de l'eau. Ce qui revient tout simplement à exprimer, au moyen de la formule ordinairement employée pour l'eau, la perte de charge d'un fluide quelconque en mètres, ayant la densité ou le poids de ce fluide.

Cette formule ainsi généralisée, assimile les gaz aux fluides incompressibles. Elle est essentiellement défectueuse en ce sens qu'elle ne représente évidemment pas la loi qui régit la perte de charge des gaz. En effet, au fur et à mesure qu'un gaz chemine et perd de sa charge, il augmente de volume, tandis que, dans sa formule, M. Stockalper suppose ce volume Q invariable.

En un mot, cet expérimentateur admet que l'air est animé d'une vitesse uniforme, tandis que l'air aspiré, par exemple, dans une conduite, augmente de vitesse au fur et à mesure qu'il s'approche de l'aspirateur.

Je suis persuadé que cette formule, appliquée aux pertes de charge de l'air raréfié, doit conduire à des mécomptes sérieux.

M. BODENOOT. — Il est certain que la formule de Stockalper s'est appliquée d'abord à l'eau, et sous ce rapport, les observations de M. Hanarte sont très justes ; cependant, depuis, elle a été appliquée à l'air en tenant compte de la détente ou de la compression. Pour nous, nous avons adopté cette formule qui se résume par l'équation $J = \alpha Q^2 \delta$.

Dans la pratique, nous avons corrigé ce qu'elle pouvait avoir de défectueux par le doublement de la valeur du coefficient α . Plusieurs ingénieurs l'avaient fait avant nous et avaient établi un tableau qui donne les différentes valeurs de α .

Nous avons fait un certain nombre d'expériences et nous avons trouvé que la formule de Stockalper ainsi appliquée donne des résultats très voisins de la vérité pratique.

Il n'en est pas moins vrai que si l'on pouvait avoir une formule spéciale aux fluides mêmes dont on se sert, on ne serait pas obligé de donner une élasticité un peu arbitraire aux coefficients ; et si le Congrès pouvait jeter sur ce point quelque lumière, il serait intéressant en effet d'amener l'adoption d'une formule pour les fluides compressibles, formule qui ne serait plus celle de Stockalper, tout en laissant cette dernière pour les fluides incompressibles.

M. HANARTE. — Quel que soit le coefficient adopté, la formule est vicieuse, en ce sens qu'elle ne représente pas, comme je l'ai déjà dit, la loi de la perte de charge d'un gaz qui chemine. On pourrait tout au plus l'adopter pour l'air raréfié, en l'appliquant par tronçons de la canalisation dont on veut rechercher la perte de charge totale, en ayant

soin toutefois, pour chaque tronçon de tenir compte de l'augmentation du volume Q, résultant de la perte de charge dans le tronçon précédent.

M. BOUDENOOT. — C'est ce que nous avons fait. Le facteur Q n'est pas constant, nous l'avons compris, et si on appliquait la formule $J = \alpha Q^2$ sans diviser la canalisation par tronçons, on aurait des résultats pratiques s'éloignant beaucoup de la théorie. Nous avons alors divisé la canalisation par tronçons de 100 à 150 mètres et calculé pour chacun le volume d'air correspondant, c'est-à-dire les diverses valeurs de Q.

M. LE PRÉSIDENT. — Quelle différence de pression avez-vous ?

M. BOUDENOOT. — Nous sommes arrivés à constater que dans la canalisation telle qu'elle est constituée maintenant, c'est-à-dire sur 4 kilomètres environ, la perte de charge totale est de 8 à 9 %.

M. HIRSCH. — Que veut dire 8 à 9 % ?

M. BOUDENOOT. — Cela veut dire qu'à l'extrémité de la canalisation nous constatons sur le pneumographe que le vide au lieu d'être de 70 % comme à l'usine n'est que de 61 à 62 %.

M. BUTICAZ croit devoir faire remarquer que l'eau sous pression peut être, à l'égal des autres modes de transports, considérée à deux points de vue différents : le transport du travail d'une part, la distribution de l'eau de l'autre.

M. BOUDENOOT. — Ceci est parfaitement exact ; et si je n'en ai pas tenu compte, si dans mon rapport je n'ai pas indiqué que l'eau distribuée dans les villes sert aux usages domestiques, c'est que tout le monde le sait, et c'est surtout parce que j'avais à traiter le sujet suivant : transmission de l'énergie ; or, l'énergie se traduit, d'après moi, sous trois formes : lumière, force ou chaleur.

De l'eau pour se laver, ce n'est pas pour moi de l'énergie. Je reconnais bien qu'au point de vue commercial votre observation est bonne, mais au point de vue que j'avais à examiner, l'énergie, je n'avais pas à en tenir compte.

M. ANTHONI. — J'aurais voulu inviter les membres du Congrès à visiter une usine qui se trouve à deux pas d'ici, 31, faubourg Saint-Martin. C'est une installation électrique dans laquelle il y a une machine de 50 chevaux, machine qui se trouve sur une fondation élastique.

Tous les membres du Congrès peuvent se présenter de ma part à l'usine qui est ouverte de 5 heures et demie du soir à 11 heures.

MM. PHILLIPS et TRESCA font différentes recommandations relatives aux séances de section, aux visites à l'Exposition et au laboratoire de la Compagnie P.-L.-M.

La séance est levée à 4 heures.

III. Séance du 17 septembre 1889.PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture des procès-verbaux des deux séances du 16 septembre.

A l'occasion du procès-verbal, M. Solignac demande à présenter quelques observations au sujet du rapport de M. Boudenoot communiqué dans la précédente séance.

M. SOLIGNAC. — A propos de l'air comprimé, il y a dans ce rapport des indications erronées qui ne sont pas en rapport avec les derniers progrès. M. Boudenoot, notamment, reproche à l'air comprimé le froid qu'il produit à l'échappement. Ce froid, loin d'être un inconvénient, est bien souvent un avantage; ainsi on trouve à Paris des installations où le froid est le produit principal, et où la lumière ne devient qu'un sous-produit; chez certains restaurateurs, par exemple, il y a des moteurs installés pour la production du froid et qui le soir servent pour l'éclairage; il y a également des entrepôts frigorifiques qui servent en même temps de stations d'éclairage.

Pour les forces secondaires, comme, par exemple, pour les applications aux machines à coudre qui sont nombreuses, puisqu'il y a plus de 500 applications plutôt dans les petites forces que dans les grandes, la question du froid n'est pas un obstacle, parce que la quantité d'air étant très minime, on absorbe à peine 20 mètres par cheval, et si on marche sans détente, comme dans ces petits moteurs, il n'y a pas de production de froid sensible qui arrive à faire une obstruction aux orifices. Dans les grandes machines, on installe des appareils qui laissent passer la neige et la glace.

Quand on réchauffe l'air dans les machines dont la puissance dépasse 50 chevaux, c'est afin de réaliser une économie; l'économie est supérieure à celle des machines à vapeur, parce que les machines à air deviennent des machines thermiques; dans ce cas, il y a avantage à avoir deux températures à l'échappement; il faut que la différence de tempé-

rature entre l'air et la vapeur qui doit le réchauffer soit la plus grande possible ; donc là encore, le froid n'est pas un inconvénient.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que les observations présentées par M. Solignac ne peuvent pas être faites comme rectification au procès-verbal de la séance précédente ; elles constituent une réponse à ce qui a été dit dans la séance d'hier. Ces observations pourront être mieux comprises dans la note que M. Solignac doit présenter à la troisième section dans l'une de ses prochaines séances.

M. SOLIGNAC. — Je ne voulais pas laisser le Congrès sous l'influence du rapport de M. Boudenoot.

Les procès-verbaux des deux séances du 16 septembre sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'un mémoire sur les mesures d'élasticité (*).

Ce travail est composé de deux parties distinctes.

Dans la première, l'auteur décrit une méthode pour la détermination du coefficient d'élasticité et de la limite des allongements permanents des corps métalliques.

Cette méthode est basée sur la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres.

Elle consiste à former le spiral d'un fil, de section circulaire ou de toute autre forme, de la matière que l'on veut expérimenter, à le relier à un balancier et à faire osciller le système, ou encore considérer le système au repos et le faire sortir de sa position d'équilibre, au moyen d'une action extérieure, facilement mesurable.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer pour obtenir dans les deux modes d'expérimentation soit le coefficient d'élasticité, soit la limite d'élasticité parfaite.

La seconde partie est relative à l'emploi de modèles pour déterminer expérimentalement les conditions de résistance des solides élastiques.

M. Phillips fait remarquer que, dans de nombreuses circonstances, il est impossible de déduire, de la théorie mathématique de l'élasticité, les conditions d'équilibre des solides élastiques de formes compliquées, et qu'il est utile de chercher comment l'expérience peut suppléer à la théorie.

En adoptant des modèles réduits des solides à construire et en les soumettant à l'action de forces connues, on peut en déduire les dimensions que les pièces définitives doivent avoir.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer et en fait l'application à l'étude des conditions de résistance du pont Britannia à l'aide de modèles réduits au 50°.

1. Le mémoire est publié *in extenso*, tome 3.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Cornut pour traiter la question des essais de résistance des matériaux (1).

M. CORNUT. — Messieurs, le bureau du Congrès international m'a chargé de vous présenter un rapport sur une question de premier ordre, la question des essais de matériaux et des déductions qui doivent se tirer des essais principaux au point de vue de l'emploi des matériaux.

Je vous avoue qu'il me serait impossible de vous donner communication aujourd'hui du travail complet; des recherches très nombreuses ont été faites de ma part, et je me suis efforcé de retrouver les traces des essais les plus considérables qui ont été publiés. Ce travail devant être imprimé, vous aurez entre les mains tous ces détails, qui sont un peu techniques, mais qui n'en ont pas moins un intérêt de premier ordre.

Je vous demanderai donc, aujourd'hui, la permission de vous parler seulement de deux points principaux. Je n'ai pas à vous prouver la nécessité des essais, — je me trouve au milieu de mécaniciens et d'ingénieurs qui tous les jours en font usage, — mais je veux vous montrer combien il est regrettable que, dans ces essais de matériaux et surtout des métaux, il n'y ait pas d'unités communes qui permettent de tirer parti d'une façon plus complète et plus générale des travaux très remarquables qui sont faits dans tous les pays. D'un autre côté, je vous demanderai de traiter une question de première importance pour l'avenir de la mécanique appliquée; elle consiste dans l'établissement de laboratoires de mécanique appliquée.

Eh bien, Messieurs, pour les essais, vous savez qu'ils sont de deux ordres : il y a des essais courants opérés dans les ateliers, à chaud et à froid sur la matière, pour reconnaître si elle possède bien les qualités dont on a besoin. Ces essais ont été classés déjà plusieurs fois. Vous avez dans les cahiers des charges des marines française et anglaise, des Compagnies de Chemins de fer et des grandes Sociétés métallurgiques comme le Creusot et autres, tous les renseignements sur les essais pratiques qui doivent se faire dans les ateliers. Je n'insisterai donc pas sur ce point.

Parmi les essais plus réguliers et offrant un caractère plus scientifique, qui ne se font pas malheureusement d'une façon assez répandue, nous trouvons les essais à la traction, à la flexion, à la compression, etc. Les essais à la traction ont un but principal, c'est de reconnaître la résistance et la ductilité des métaux. Ceux-ci se font de différentes façons suivant la matière à essayer; il est évident que si vous voulez essayer une tôle, un fer rond ou carré, vous

1. Le rapport de M. Cornut est publié *in extenso*, tome 3.

ne pouvez pas donner à vos éprouvettes la même forme ni les mêmes dimensions.

Qu'avons-nous à rechercher dans ces essais à la traction ?

Lorsqu'on soumet une barrette à la traction, le premier phénomène qui se présente, c'est la période élastique du métal ; on observe en effet pendant un certain temps, que si le métal est soumis à des poids qui vont en augmentant jusqu'à une certaine limite, les allongements sont proportionnels aux charges. Après la période élastique arrive une période qui est le commencement de la déformation ; c'est en effet la déformation qui va commencer lorsque la limite d'élasticité est dépassée. Cette période de déformation va jusqu'à une autre période qui est le maximum de résistance, c'est-à-dire qu'à un certain instant, l'éprouvette, soumise, par une machine quelconque à la traction, à un effort, va présenter un maximum de résistance, c'est-à-dire un maximum de charge par unité de section. A partir de ce moment-là, commence une autre période, c'est celle de la striction. Dès que l'on est arrivé au maximum de charge, la section s'est modifiée, ses dimensions sont diminuées par suite de l'allongement plus ou moins grand du métal : c'est la période de striction ou de contraction.

Enfin, la dernière période observée porte le nom de rupture, c'est-à-dire que lorsque vous avez dépassé le maximum de charge, si vous enlevez les poids, votre éprouvette continuera à se contracter et arrivera à se rompre, non pas que la cassure ait lieu sous la charge maximum de résistance, elle se produit sous des charges bien inférieures à la charge se produit maximum.

Eh bien, Messieurs, dans tous ces essais, vous concevez que ces différentes périodes à examiner sont des plus importantes et des plus significatives ; pour rechercher quels sont les chiffres à relever pendant les essais, vous voyez que vous avez d'abord le premier point spécifié par la période d'élasticité ; il y a là à rechercher la charge sous laquelle finit d'avoir lieu cette constance du rapport de la charge à l'allongement et en même temps l'allongement élastique correspondant ; après, vous avez l'allongement dû à la charge continue du métal jusqu'à la charge maximum ; la charge maximum qu'il faut noter avec l'allongement ; la charge de rupture et enfin l'allongement total quand la rupture a lieu.

Pour juger de la malléabilité du métal vous possédez donc deux éléments à votre disposition : d'abord l'allongement que l'éprouvette a pu prendre entre les deux coups de pointeau qui lui servaient de repères et la striction.

Je dois, Messieurs, vous faire une remarque immédiate, c'est qu'il

est regrettable qu'on ait souvent confondu la charge de rupture avec la charge de tension maximum.

C'est, je crois, M. Adamson qui a le premier, en 1878, au congrès des fers et aciers, tenu à Paris, appelé l'attention des expérimentateurs sur ce fait: qu'entre la charge de rupture et la charge de tension maximum il y a une différence très grande. Voici, en effet des chiffres que M. Adamson a donnés à cette occasion: pour un certain fer, la charge de tension maximum était 38^k,4 et pour un autre 39^k,5; la charge de rupture pour le premier fer était 35^k,4 et pour l'autre 34^k,8.

Il y avait donc une différence de 3 kilogrammes, c'est-à-dire de plus de 10 % dans le premier cas et une différence de 12 à 15 % dans le deuxième cas.

M. Adamson n'est du reste pas le seul qui ait fait ces observations; ainsi M. Considère, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, qui a depuis quelques années fait des travaux très remarquables sur la résistance des matériaux a, lui aussi, étudié la question des différences entre la charge de tension maximum et la charge de rupture; il est arrivé aux chiffres suivants:

Essais d'une barrette en fer très doux	{	6100 kil. pour la charge maximum.
	{	5300 — » » de rupture.

La différence est donc de 13 %.

Essais d'une barrette en acier très doux	{	8100 kil. pour la charge maximum.
	{	6200 — » » de rupture.

soit 23,45 % de différence.

Par conséquent, Messieurs, lorsque nous faisons un essai à la traction sur des machines, que nous observons la charge maximum et que nous disons que cette charge maximum est la charge de rupture, nous faisons une erreur qui peut atteindre jusqu'à 15 ou 20 % du chiffre réel.

Il est évident que cette différence ne sera visible que sur des métaux possédant une certaine douceur; sur des métaux durs cet écart est très peu sensible.

Je dois signaler une autre erreur: supposez que nous prenions la charge de rupture et que nous la rapportions à la section primitive, comme on le fait d'habitude; s'il s'agit d'un métal doux, comme les aciers dont je viens de vous parler, toute l'éprouvette s'est allongée sous les efforts de la traction, la section par conséquent a diminué; dans ces conditions, la section primitive n'existe plus et comme nous rapportons la charge de rupture à la section primitive, nous faisons encore une nouvelle erreur; il est vrai que cette erreur n'est pas très importante, mais enfin voici des faits signalés par M. Considère:

M. Considère a trouvé que la section primitive de son éprouvette était

0,201 ; arrivée sous la charge maximum, la section avant le commencement de la striction n'était plus que 0,176 ; de même pour un barreau en acier très doux il a trouvé 0,201 et 0,180.

Par conséquent, si vous rapportiez la charge de rupture à la section primitive, vous commettriez une erreur de 12 % dans le premier cas et de 10,50 % dans le second.

Voici donc, Messieurs, toute une série de faits qui vous prouvent qu'il se glisse des erreurs importantes dans la façon dont nous faisons les essais à la traction ; mais ces erreurs seraient bien plus graves si nous en arrivions à examiner de quelle manière se font les essais. Je vous parlais tout à l'heure de l'allongement. Eh bien, Messieurs, pour l'allongement la question se poserait exactement de la même façon. Les allongements doivent être distingués en différentes périodes : vous avez un allongement élastique, vous avez l'allongement de la deuxième période, c'est-à-dire à partir de la limite d'élasticité jusqu'à la limite de plus grande charge, et enfin l'allongement de striction.

Il est évident que quand nous faisons l'allongement %, une fois l'éprouvette cassée, nous le rapportons à la distance primitive de nos repères. Nous faisons entrer dans le rapport une série de chiffres absolument indépendants de la longueur et d'autres, au contraire, dépendant de cette longueur ; dans ces conditions, ce rapport établi n'a de valeur que pour la longueur primitive de l'éprouvette.

Dans les essais établis par beaucoup d'expérimentateurs on a étudié précisément les différences qui peuvent se produire suivant qu'on fait varier la longueur utile des éprouvettes de 0^m,200 à 0^m,300 ou à 0^m,400 ; on a ainsi trouvé des différences considérables qui s'élèvent à 10, 15 % de l'allongement total.

Il n'y aurait pourtant que moitié mal, si pour les différents métaux d'un usage absolument général, on fixait d'un commun accord une longueur d'éprouvette.

Il est évident qu'on ne peut avoir la prétention de présenter une longueur absolument nécessaire et obligatoire pour tous les métaux quelle que soit la forme de l'éprouvette ; cela n'aurait pas d'intérêt. Mais, par exemple pour les tôles ou les fers, qu'est-ce qui empêche de convenir d'une longueur d'éprouvette qui serait absolument normale et dont tout le monde pourrait se servir ; elle aurait ce grand avantage : que les essais seraient comparables, tandis qu'actuellement ils ne le sont pas du tout ; il ne faudrait pas aller bien loin pour trouver des longueurs d'éprouvettes variant du simple au double : En France, nous avons le Génie maritime qui prend 0^m,200 ; la guerre qui prend 0^m,100 ; en An-

gleterre le Lloyd qui prend 0^m,2025, tandis que le Board of Trade prend 0^m,254 pour essayer exactement les mêmes produits : tôles ou fers.

Maintenant, si vous examinez les magnifiques travaux faits par beaucoup d'entre vous sur la question des essais de matériaux, vous arrivez à une diversité de longueurs tout à fait incroyable : certains ont pris 0^m,100 ou 0^m,200 — ce sont les longueurs les plus fréquentes ; d'autres 0^m,2025, 0^m,254, 0^m,0508, 0^m,150 ; d'autres enfin ont pris 0^m,400, 0^m,250, 0^m,350.

Dans ces conditions, il est absolument regrettable que les essais que ces messieurs ont faits avec tant de patience et de zèle ne soient pas comparables. Je sais bien qu'on a cherché, et avec juste raison, étant donné l'allongement d'une barre d'acier de 0^m,100, de passer à l'allongement que prendrait cette barre si elle avait 0^m,200 ; les résultats auxquels on est arrivé peuvent avoir une certaine signification dans la pratique, mais au point de vue absolu, ils n'ont aucune valeur. Les formules empiriques ainsi établies ont, à mon avis, peut-être, une certaine valeur, lorsqu'elles ont été établies sur un même type de fabrication ; mais quand vous voulez appliquer ces formules à des aciers d'une autre fabrication, vous arrivez à des résultats absolument erronés.

Parmi les variations que j'ai à vous signaler, permettez-moi de vous en citer une autre, c'est celle qui concerne la striction. Lorsque vous examinez la striction d'une éprouvette cassée, vous avez à votre disposition deux manières d'exprimer le phénomène : ou le rapport de la section après rupture, c'est-à-dire après la striction, à la section primitive, ou bien la différence de la section primitive et de la section de striction rapportée à la section primitive. Le premier rapport $\frac{s'}{s}$ s'appelle la striction, le second rapport $\frac{s-s'}{s}$ s'appelle la contraction et depuis les magnifiques travaux de MM. Kirkaldy et Considère sur la striction, on se préoccupe beaucoup de ce phénomène dans les laboratoires d'essais. On relève avec le plus grand soin, la section primitive et la section après striction, seulement, dans les comptes-rendus des travaux, on donne tantôt la striction $\frac{s'}{s}$ et tantôt la contraction $\frac{s-s'}{s}$. Vous me direz qu'il n'est pas bien difficile de passer de l'une de ces valeurs à l'autre, mais enfin vous conviendrez qu'il serait encore bien plus simple et bien plus naturel de choisir celle qu'on voudra des deux valeurs et de n'en prendre qu'une, puisque c'est pour exprimer le même phénomène.

Maintenant, Messieurs, si nous examinons les différentes causes qui peuvent faire varier les essais, nous trouvons qu'elles sont très nombreuses. Vous connaissez tous les travaux qui ont été faits depuis

plusieurs années par M. Barba et plusieurs de nos collègues et qui ont mis en évidence que la confection des éprouvettes avait un rôle considérable sur les résultats des essais, suivant que les éprouvettes sont faites par des moyens mécaniques qui ne peuvent pas dénaturer la nature du métal, ou au contraire qu'elles sont obtenues par des martelages, des poinçonnages qui ont une influence énorme sur les résultats.

Si nous arrivons à examiner la forme même des éprouvettes, nous arrivons à des conditions d'établissement tout à fait variables. La tête des éprouvettes qui joue un grand rôle dans les résultats au point de vue de l'allongement a été étudiée avec le plus grand soin par M. Barba, qui a même fait dans le Génie Civil une publication qui est restée le modèle du genre.

Eh bien, Messieurs, ces têtes d'éprouvettes sont absolument laissées à la disposition des ingénieurs ou des constructeurs qui font les essais. De ce côté aucune entente.

Examinons maintenant la section à donner aux éprouvettes. Donnons-nous une largeur variable suivant l'épaisseur, ou fixons-nous une largeur absolument invariable quelle que soit l'épaisseur. On agit tantôt d'une façon et tantôt de l'autre.

A ce sujet je vous citerai toute la série d'expériences faites par M. Kirkaldy sur les variations qu'il a observées dans les différentes sections et dans les formes des sections ; des expériences de cette nature ont également été faites à la Compagnie P.-L.-M., par M. Lebasteur d'où il résulte que la section transversale des éprouvettes a une importance énorme.

On peut donc dire en examinant ces essais à la traction que sur tous les points, on est en présence de variations de la plus haute importance et que tant qu'une entente n'aura pas eu lieu, non pas pour formuler une règle absolument générale, mais pour chercher à étudier ensemble les conditions qui pourraient au moins permettre une certaine facilité de comparaison des essais, nous arriverons toujours à avoir des résultats dont les écarts ne peuvent provenir que de la manière ou de la méthode suivie dans les essais.

Et, Messieurs, au point de vue où je me place, permettez-moi de vous citer un des plus grands inconvénients de ces essais ; c'est celui du choix des unités ; en France et dans beaucoup de pays on se sert pour les essais à la traction, du centimètre carré pour mesurer les sections, du kilogramme pour mesurer les forces et du millimètre pour mesurer les allongements ; malheureusement, d'autres pays ont des mesures différentes : en Angleterre, les unités sont le pouce carré et la livre anglaise. En Angleterre, comme en Belgique et en Amérique, des expérimenta-

teurs ont fait des essais très remarquables. Il n'est pas douteux que si ces essais avaient été faits en mesures identiques, ils seraient plus répandus sur le continent. Je ne veux pas préjuger de la question, mais le jour où nous aurons des unités fixes et communes, nous aurons l'avantage d'éviter un travail de transformation de mesures toujours fort long et ennuyeux.

Donc, pour les essais de matériaux, il me paraît indispensable de considérer s'il n'y a pas lieu de fixer des unités communes.

Messieurs, avant de vous parler des laboratoires de mécanique appliquée, je crois qu'il y aurait lieu d'ouvrir la discussion sur ce point. Y a-t-il, oui ou non intérêt à nommer une commission qui aurait pour but de rechercher le moyen d'arriver à des unités communes pour les essais de matériaux et d'étudier la meilleure manière de rendre les essais comparables ?

A ce point de vue, monsieur le président, je vous demande de vouloir bien ouvrir la discussion afin de pouvoir déposer un vœu.

Aucun membre du Congrès ne demandant la parole sur cette question, M. le Président demande à M. Cornut de formuler son vœu.

M. CORNUT. — Messieurs, voici le vœu que je vous propose d'émettre :

Les membres du Congrès international de Mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le gouvernement français prenne auprès des gouvernements étrangers l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les Unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essais.

Ce vœu est adopté à l'unanimité par le Congrès.

M. CORNUT. — Je demande à M. le Président que ce vœu soit transmis à M. le Président du Conseil, Ministre du Commerce et de l'Industrie, et à M. le Ministre des Travaux publics.

J'arrive au second point ; c'est la question des laboratoires d'essais. Il se passe, Messieurs, pour l'enseignement de la mécanique appliquée, un fait excessivement curieux : la mécanique appliquée a une étendue considérable ; c'est peut-être parce que nous sommes tous mécaniciens, que nous la considérons comme la plus belle des sciences, pouvant rendre des services de toute nature à l'humanité et à notre pays ; eh bien, Messieurs, c'est le seul enseignement où il semble que l'on n'ait jamais besoin d'apprendre la pratique de ce qu'on doit faire. En effet, en physique, en chimie, en histoire naturelle, en médecine, — et en médecine, heureusement pour nous, — il y a des écoles d'application : il y a des recherches faites par les personnes qui veulent travailler ces différentes sciences ; il y a la manipulation des appareils. En mécanique

appliquée, c'est très simple : il n'y a rien du tout, ou à peu près ; et pourtant, Messieurs, je vous avoue que je me rappelle la différence d'impression que j'éprouvais quand je voyais moi-même une machine tourner, ou bien quand on me disait simplement qu'elle tournait ; ce n'est pas du tout la même chose, mettre la main à la pâte ou bien se contenter de suivre les cours, même les plus remarquables.

Faut-il croire, Messieurs, qu'il n'y a pas de recherches à faire au point de vue de la mécanique appliquée ? Cela ne serait pas soutenable. Je prétends même que les différentes études qu'un laboratoire d'essai de mécanique auraient à sa disposition seraient tellement considérables, qu'il faudrait de nombreuses années pour arriver à en épuiser le champ. Il est évident qu'un élève qui se trouverait dans un laboratoire de mécanique appliquée serait fort étonné, s'il comparait les résultats des expériences qu'on lui ferait faire sur le frottement, avec les résultats qu'on lui a indiqués dans le cours, d'après les formules. Il serait encore très étonné s'il étudiait une machine à vapeur, de faire l'application à cette machine des différentes théories mathématiques produites par la théorie mécanique de la chaleur ou autres.

Au point de vue des machines, il pourrait encore s'instruire beaucoup en étudiant les courroies, les frottements des huiles, les cuirs emboutis et beaucoup d'autres questions.

Eh bien, Messieurs, comment se fait-il que jamais jusqu'à ces dernières années, ou n'ait pensé à faire des laboratoires de mécanique appliquée ?

Je crois, en ce qui concerne notre pays, que c'est parce qu'on aime que ce soit le Gouvernement qui se charge de ces initiatives. En réalité, c'est un grand tort parce que quand on ne compte que sur un gouvernement pour faire une création, on peut espérer arriver au résultat 50 ans après. La meilleure preuve, c'est celle qui nous est donnée par un de nos collègues d'un pays voisin, mais dans lequel les administrations sont toujours à peu près les mêmes. Ce collègue a cherché, en 1870, à faire comprendre à son administration l'intérêt considérable qu'il y aurait à créer un laboratoire d'essais pour la mécanique appliquée, et je suis heureux de vous apprendre qu'en cette année 1889, il est *presque* arrivé à une solution.

Eh bien, Messieurs, je crois qu'on a trop compté sur le Gouvernement, il vaut mieux compter sur soi. Cela veut-il dire qu'il n'y ait pas de laboratoires d'essais ? En aucune façon, il y en a en France, et de forts beaux. Les laboratoires d'essais se sont surtout spécialisés dans la question des essais des matériaux. Or, certainement les essais de matériaux sont d'une importance de premier ordre, mais, ce ne sont pas seulement

des laboratoires d'essai de matériaux qu'il faut, ce sont des laboratoires de mécanique appliquée concernant aussi toutes les machines à vapeur, l'air comprimé, les organes des machines.

Voilà, Messieurs, l'état actuel de la question au point de vue des laboratoires de mécanique appliquée.

En France, nous avons les magnifiques laboratoires d'essais de la marine, de la guerre, des Compagnies de chemins de fer ; un des mieux outillés est celui de la Compagnie P.-L.-M.

Différentes usines, le Creusot, Saint-Etienne, ont monté des laboratoires d'essais, mais qui ne se rapportent qu'aux essais de leurs matières proprement dites.

Vous avez tous entendu parler du magnifique établissement fondé aux Etats-Unis en 1875-76. Là encore, c'est surtout au point de vue de la métallurgie et des détériorations qui pouvaient se produire dans les métaux employés, que ce bureau a été fondé.

En Belgique, M. Dwelshauvers-Dery est peut être le premier qui a soulevé la question des laboratoires de mécanique appliquée. Professeur à l'école de Liège et savant des plus distingués, il a en effet commencé sa campagne dès 1870 et il a eu tout récemment la chance de réussir.

(M. Cornut donne ensuite la liste des différents laboratoires de mécanique appliquée existant actuellement).

Ainsi, en résumé, Messieurs, si nous consultons tous ces renseignements, nous voyons qu'il y a actuellement deux laboratoires à Londres ouverts non seulement aux essais de matériaux, mais aussi aux essais de mécanique et aux essais de rendement des machines à vapeur et des machines-outils.

Eh bien, Messieurs, cette question est de premier ordre ; si nous voulons que la mécanique appliquée continue la marche ascendante dans laquelle elle s'est engagée, grâce au génie de tous les mécaniciens qui ont fait plus, pour la progression de cette science, que toutes les théories qu'on a émises, il faut donc créer des laboratoires.

Je crois qu'il y a un point capital dans ces essais de mécanique. Il est regrettable de voir souvent des jeunes gens qui ont reçu l'instruction plus générale, qui possèdent un outil merveilleux pour en tirer parti, se trouver absolument naïfs devant la moindre machine ; il y aurait donc un intérêt très grand à ce que les grandes écoles et les particuliers qui peuvent avoir un intérêt dans cette question, pussent créer des laboratoires de mécanique appliquée.

Une question nous a été posée par un de nos collègues : ces labora-

toires doivent-ils être officiels ou indépendants, c'est-à-dire ne résulter que de l'initiative privée ?

La question ne me paraît pas très bien posée, parce que je ne vois pas comment on pourrait empêcher un gouvernement de monter tous les laboratoires qu'il jugerait convenables. Nous ne pouvons qu'encourager le Gouvernement à monter des laboratoires à l'Ecole des Mines, à l'Ecole des Ponts et Chaussées, à l'Ecole Centrale, etc. Si, au contraire, on veut dire qu'il est désirable que dans un point central, à Paris, par exemple, le Gouvernement crée un laboratoire, que ce laboratoire ait une méthode à lui, qu'il oblige toutes les personnes qui voudraient avoir des renseignements, à passer par ce laboratoire officiel, si, par conséquent, ce laboratoire est une institution unique à laquelle personne n'aura le droit de faire d'observations, je suis absolument contre cette idée.

Par conséquent, je pense que la création des laboratoires officiels ne peut pas s'étendre d'une façon indéfinie. Je crois que les gouvernements auront intérêt à monter des laboratoires officiels dans certains cas particuliers pour leurs administrations : guerre, marine, pour leurs écoles, mais qu'ils n'ont aucun intérêt à monter pour l'industrie privée des laboratoires faisant la loi.

Dans ces conditions, j'émet le vœu que les laboratoires soient absolument laissés à l'initiative privée.

M. HIRSCH. — Messieurs, vous venez d'entendre la communication si intéressante de M. Cornut ; je n'aurais pas pris la liberté de demander la parole, si je n'éprouvais le besoin de signaler, dans cet exposé, une lacune, qui a son importance au point de vue du rôle que notre pays a pu jouer dans les études pratiques et expérimentales relatives à la mécanique. Il semblerait résulter, sinon d'une manière tout à fait explicite, au moins de l'allure générale de la communication qui vient d'être faite, que les laboratoires possédant des attributions étendues, c'est-à-dire comportant non-seulement les essais des matériaux, mais tous les essais de la mécanique appliquée, seraient de création toute récente, et qu'à ce point de vue, les pays étrangers auraient pris les devants sur la France.

Cela n'est pas tout à fait exact.

Le premier laboratoire de mécanique appliquée qui ait existé est celui qui a été créé au Conservatoire des Arts et Métiers par M. Tresca en 1854. Ce laboratoire était extrêmement complet et développé ; il y a été fait des travaux d'une importance capitale et qui, aujourd'hui même, servent de base à la mécanique tout entière : les coefficients les plus indispensables, ceux dont on fait usage tous les jours, ont été déterminés dans ce laboratoire. Il avait été établi dans l'ancienne église, qui

touche à cette salle; il a subsisté jusqu'en 1885. La plupart des personnes qui m'écoutent ont vu ce laboratoire et connaissent les travaux admirables de Tresca, travaux qui ont porté sur l'ensemble de la mécanique, sur le rendement, sur le fonctionnement des machines de toute espèce, sur les propriétés élastiques et plastiques des métaux, etc.

Ce laboratoire a disparu aujourd'hui, par suite de raisons sur lesquelles je demanderai la permission de ne dire qu'un mot : le bâtiment tombait en ruines, peut-être par le fait même de l'existence du laboratoire; vous vous rappelez que ce laboratoire comportait des machines à vapeur, qui aujourd'hui sont d'un type bien démodé, mais qui à cette époque étaient une nouveauté, il comportait également de puissantes machines hydrauliques, des roues, des turbines, des presses hydrauliques, etc. De la présence même de ce matériel, il est résulté pour le bâtiment des détériorations telles, qu'il a été indispensable de faire enlever tout cet outillage.

Je crois qu'il est bon de rappeler le souvenir de ces travaux antérieurs qui, à cette époque, étaient beaucoup plus difficiles à exécuter qu'ils ne sont actuellement.

Aujourd'hui, l'outillage est facile à se procurer, grâce aux progrès mêmes de l'industrie. Autrefois, il n'en était pas de même; les instruments employés par Tresca ont dû être créés par lui, de toutes pièces. Je crois, en résumé, que le Conservatoire peut revendiquer, sans conteste, l'honneur d'avoir créé le premier un grand et puissant laboratoire répondant aux principaux problèmes de la mécanique appliquée.

M. LE PRÉSIDENT. — Il y a à peu près 15 ans que j'ai fait moi-même des expériences dans ce laboratoire.

M. HIRSCH. — Tout le monde connaît les belles expériences de M. Phillips.

Eh bien, cette petite rectification faite, j'ajouterai un mot sur une question d'un véritable intérêt.

Les pouvoirs publics sont absolument disposés, nous en avons la preuve manifeste, à favoriser la création à nouveau, la renaissance de cet ancien laboratoire, et cela dans des proportions beaucoup plus étendues, de manière à le mettre d'accord avec l'état actuel de l'industrie.

Comme le disait très justement M. Cornut, les autorisations et les crédits nécessaires ne s'obtiennent pas avec la plus grande facilité; il faut du temps, des démarches, des appuis.

Je pense, sans me flatter beaucoup, que le Congrès sera d'avis, comme M. Cornut, qu'il y aurait un véritable intérêt à avoir ici un laboratoire. Qu'il soit officiel ou particulier, pour ma part je n'attache pas à cette question une importance énorme. La chose qui me paraît capitale, c'est

d'avoir des machines, un aménagement, un outillage permettant de faire les essais de mécanique. Une fois ces outils obtenus, concentrés, disposés, il est évident que la question de l'autorité ou de la personne à qui ils appartiendront est secondaire ; il est clair que ces outils, moyennant certaines conditions, seront mis à la disposition de ceux qui voudront travailler ; quand on a un outillage d'expériences, on ne le laisse pas inutilement chômer, et c'est, au contraire, une satisfaction pour ceux qui le possèdent, de le mettre à la disposition de ceux qui veulent en tirer parti. La question, c'est de créer cet outillage, dont le prix n'est pas très élevé. Les pouvoirs publics ont manifesté, à plusieurs reprises, l'intention de faire cette création ; eh bien ! il serait d'un très grand intérêt, pour nous aider à obtenir ce que nous désirons, que le Congrès de mécanique voulut bien émettre un vœu formel à cet égard.

M. BELELUBSKY. — Pour compléter les renseignements donnés par M. Cornut en ce qui concerne les laboratoires de mécanique, je me permets de donner au Congrès quelques indications sur le laboratoire mécanique de l'Institut des voies de communication à Pétersbourg.

Le laboratoire existe depuis 1874-1875 et sert pour l'enseignement du cours de résistance des matériaux, professé par moi, et aussi pour les essais des matériaux qui présentent, dans ce but, le gouvernement et le public.

Le laboratoire s'occupe non seulement des essais de matériaux de construction, chaux, ciments, pierres, etc., mais aussi des essais de métaux, principalement le fer, la fonte et l'acier.

Les élèves de l'Institut sont obligés de travailler dans le laboratoire, comme cela a lieu dans les écoles d'Angleterre et à l'inverse de ce qui se passe dans les autres écoles du continent ;

Les résultats des expériences faites pendant dix années sont consignés dans le livre russe « *Laboratoire mécanique* » qui contient une légende explicative, en français, des résultats des essais.

Quant à la seconde question de l'unification des modes d'essais, question traitée par M. Svilokossitch, dans sa note, et par M. Cornut, en séance générale, je suis persuadé que la formation d'une Commission internationale sera acceptée par tout le monde avec une grande satisfaction.

La science pratique de la résistance des matériaux a reçu en ce moment de tels développements qu'il est impossible d'étudier toutes les questions dans un même laboratoire, les travaux doivent être distribués entre les différents laboratoires et, par conséquent, les résultats obtenus dans différents pays doivent être comparables, cette comparaison ne peut avoir lieu qu'à la condition d'uniformiser les méthodes d'essai,

ainsi que les dimensions des éprouvettes, têtes des éprouvettes, leur mode de préparation, etc.

Je crois que cette Commission internationale rencontrera le terrain déjà bien préparé.

C'est aux conférences de Munich et de Dresde, auxquelles prenaient part l'Allemagne, l'Autriche, la Russie et la Suisse, et en se servant des travaux de la Commission permanente préparatoire qu'ont été prises les résolutions pour l'unification des modes d'essais, non seulement pour les métaux, mais aussi pour les autres matériaux de construction.

Les discussions sont dirigées dans un sens réellement scientifique, par le président, M. le professeur Bauschduger, de Munich, bien connu par ses travaux, et je crois que, dans les travaux de ces conférences, nous trouverons des matériaux utiles à la Commission internationale.

Je suis membre de la Commission permanente de ces conférences et suis prêt à faire un rapport détaillé sur les résolutions qui y ont été prises.

M. CORNUT. — Je crois que les laboratoires doivent être créés par l'Etat quand il en aura besoin, pour ses écoles, par exemple, mais pas pour les particuliers.

M. HIRSCH. — Messieurs, comme sanction pratique aux quelques observations que j'ai présentées tout-à-l'heure, j'ai rédigé un projet de vœu ; cette rédaction très rapide pourra, bien entendu, être modifiée, si elle soulève des difficultés ; je vous proposerai donc de n'en prendre que l'esprit. Voici ce vœu :

« Le Congrès international de mécanique appliquée,

Considérant qu'il est d'un intérêt capital, pour les progrès de l'industrie en général, qu'il existe des moyens de vérifier et d'expérimenter les machines et les organes des machines,

Considérant que le laboratoire de mécanique appliquée, qui avait été créé au Conservatoire et illustré par les travaux de MM. Morin et Tresca, a pour ainsi dire disparu depuis plusieurs années,

Emet le vœu que des mesures soient prises pour que ce laboratoire soit rétabli dans le plus bref délai possible et dans des conditions répondant aux exigences de l'industrie moderne.

Messieurs, comme je vous le disais tout-à-l'heure, ce vœu représente tout simplement le désir de voir prendre certaines mesures spéciales au Conservatoire. Il est évident que ce n'est qu'un point tout particulier de la question traitée par M. Cornut. Je crois qu'il serait d'un grand intérêt que des délibérations du Congrès ressortisse l'expression d'un désir plus général, comportant l'établissement de laboratoires soit par le gouvernement, soit par l'industrie privée. Mais il y a ici une nécessité

toute particulière : le laboratoire du Conservatoire n'existe, pour ainsi dire plus ; des démarches sont très activement poussées par M. le directeur du Conservatoire pour obtenir le rétablissement de ce laboratoire, et le vœu que vous pourriez émettre serait, à ce point de vue, d'un très grand poids. Vous rendriez, en émettant un pareil vœu, un véritable service au Conservatoire.

Je n'ai pas besoin de vous dire que le Conservatoire étant un établissement d'utilité générale, étant ouvert au public, faisant des expériences gratuites pour les personnes qui les demandent, exécutant tous les jours, à l'aide du petit matériel qui lui reste, des essais de résistance, avec procès-verbaux à l'appui, je n'ai pas besoin de vous dire qu'un laboratoire qui a rendu de si grands services dans le passé pourrait encore en rendre dans l'avenir.

M. POLONCEAU. — Je crois que la proposition de M. Hirsch pourrait être acceptée si elle était adressée à un comité français, mais nous avons affaire à un comité international ; or, il me semble que ce n'est pas à un comité international à adresser un vœu pour la constitution d'une installation exclusivement française ; par conséquent, je me rallierai plutôt à la proposition de M. Cornut, tout en laissant à M. le président l'initiative d'adresser une lettre personnelle au gouvernement pour obtenir l'achèvement et la continuation des travaux nécessaires pour le laboratoire de mécanique appliquée du Conservatoire.

M. LE PRÉSIDENT. — Mais le président aurait bien plus d'autorité pour faire ce que dit M. Polonceau, s'il agissait suivant un vœu du Congrès.

UN MEMBRE. — N'y aurait-il pas moyen de réunir les deux vœux proposés par M. Cornut dans une même formule en y faisant entrer l'observation relative au Conservatoire ?

M. A. TRESCA. — Je pourrais répondre à M. Polonceau ceci, c'est que le Conservatoire des Arts et Métiers s'est occupé non seulement de questions nationales, mais aussi de questions internationales ; lorsqu'il s'est agi d'essais au moment des expositions universelles, d'essais agricoles, etc., ce sont toujours les instruments du Conservatoire qui ont été employés et souvent même son personnel qui les a dirigés ; par conséquent le vœu formulé au point de vue international n'est pas de trop ; il est parfaitement dans la règle et je demande au Congrès de vouloir bien accueillir la proposition de M. Hirsch.

M. LE PRÉSIDENT. — On pourrait émettre le vœu général et y ajouter comme supplément le vœu relatif au Conservatoire.

M. BADOIS. — Tout à l'heure on a présenté un vœu pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux et ce vœu a été fait de la façon la plus générale, puisqu'on a demandé au gouvernement de réunir une

conférence internationale. N'y aurait-il pas moyen de donner une consécration à ce second vœu en disant que les meilleures méthodes reconnues seront appliquées dans les laboratoires installés dans chaque pays. En France ce pourrait être au Conservatoire des Arts et Métiers.

M. CORNUT. — Je regrette de ne pas pouvoir me ranger à l'avis de mon ami, M. Hirsch ; il a parlé d'abord de M. Tresca : évidemment, si nous reconnaissons un maître dans la science de la mécanique appliquée, c'est M. Tresca. Quant au laboratoire d'essais dont il a parlé c'était bien un laboratoire public, M. Alfred Tresca me l'affirmait il y a un instant, mais enfin, c'était avant tout le laboratoire de recherches de M. Tresca.

En tous les cas, ce n'est pas là, la question principale. Quand nous demandons des laboratoires de mécanique appliquée, nous les demandons pour les élèves, pour les jeunes ingénieurs, pour que l'enseignement théorique obtienne, dans une certaine mesure la sanction de la pratique. Ce que nous demandons, nous, ce sont des laboratoires d'études, d'applications, qui soient des annexes aux écoles.

M. HIRSCH en réclamant un vœu relatif au Conservatoire sait bien que ce vœu émis par le Congrès pourrait avoir une grande influence sur l'administration, qui grâce à cette démarche pourrait peut-être obtenir des crédits qui lui sont indispensables et qu'il serait si utile qu'il obtint ; mais enfin devons nous demander à un Congrès international d'intervenir dans une affaire particulière comme le Conservatoire ? Cela ne me paraît pas admissible. Que nous adoptions un vœu général, et que grâce à ce vœu, M. Hirsch cherche à obtenir les fonds qui lui sont nécessaires, c'est naturel, mais je ne crois pas que nous devions émettre un vœu spécial au Conservatoire.

Pour ma part, si j'avais un vœu de ce genre à émettre, je demanderais que le laboratoire fût établi à l'École Centrale.

M. POLONCEAU. — Il faut bien nous entendre : ce qu'il y a d'important c'est la généralisation des laboratoires de mécanique appliquée.

Quand nous aurons un laboratoire de mécanique appliquée au Conservatoire, aussi bien constitué qu'il soit, aussi bien dirigé qu'il soit, avec M. Hirsch à la tête, cela ne fait qu'un laboratoire ; eh bien, un seul laboratoire pour la France entière, c'est insuffisant. Ce qu'il faut, ce sont des laboratoires nombreux de tous les côtés et à la disposition de tous les industriels dans toutes les grandes industries.

Vous voyez les Compagnies, les ministères de la guerre, de la marine, les grandes industries qui ont installé des laboratoires ; seulement ces laboratoires ne sont pas suffisants ; ce qu'il faut, c'est la démocratisation des laboratoires de mécanique appliquée.

Il faut que le Congrès insiste sur les avantages, pour les progrès de la mécanique appliquée, de l'installation, partout où ce sera possible, de laboratoires de mécanique appliquée.

Je crois que c'est là le point important que le Congrès de mécanique doit faire ressortir de ses délibérations, avant toute chose, et que tout ce qui pourrait retirer à ce vœu un caractère général pourrait nuire sur son effet définitif.

M. SVILOKOSSITCH. — Pour répondre à l'objection faite par M. Polonceau, je propose un vœu rédigé ainsi :

Le Congrès est d'avis qu'il y a lieu de créer des laboratoires d'essais de matériaux dans les pays où il n'en existerait pas encore.

Ces laboratoires doivent être, autant que possible, annexés aux écoles.

M. CORNUT. — Il n'y a pas de raison pour établir seulement des laboratoires pour essais de matériaux ; il faut maintenir la question tout à fait générale. Les matériaux sont évidemment la base de la mécanique, mais pourquoi venir retrancher dans notre vœu tout ce qui concerne le rendement des machines, l'étude des fluides, des gaz, des vapeurs, etc., dans leurs multiples applications à l'industrie.

Il faut émettre un vœu absolument général concernant les laboratoires de mécanique appliquée.

M. HIRSCH. — Il me semble que des délibérations du Congrès il est nécessaire qu'il sorte quelque chose de pratique, il me semble que le but serait totalement manqué si l'on n'arrivait pas à une conclusion ferme, et si l'on s'en tenait à des vœux qui se fondraient en l'air sans donner de résultat.

Je crois qu'il est utile de rétablir le véritable caractère du laboratoire du Conservatoire et de ce qui s'y pratique : le laboratoire du Conservatoire était un laboratoire public, ce n'était pas le laboratoire particulier de M. Tresca. Il va de soi que M. Tresca a utilisé les machines qui étaient à sa disposition et en a tiré le merveilleux parti que vous savez tous, mais le laboratoire du Conservatoire faisait des essais pour le public. Ce laboratoire a disparu et cela au grand détriment de l'industrie mécanique, non seulement de l'industrie de notre pays, mais de celle de tous les pays industriels. Tous les jours on demande au Conservatoire des essais de machines, des essais de matériaux. Il reste encore certains outils qui permettent de faire quelques-uns de ces essais ; on les fait et on délivre les procès-verbaux.

Quant aux essais de machines, ils sont devenus à peu près impossibles aujourd'hui. Ce que demande mon ami, M. Cornut, c'est précisément d'avoir un établissement qui permette de faire pour le public des essais

de machines ; il y a un autre point de vue c'est celui de l'enseignement des élèves.

M. CORNUT. — Pour moi, c'est le premier.

M. HIRSCH. — Dans le fonctionnement d'un laboratoire, il y a à distinguer deux points : celui de l'enseignement et celui des services pratiques. Pour ce qui concerne l'enseignement, il est évident que le laboratoire du Conservatoire, dans son organisation actuelle, ne peut pas la fournir ; ce n'est pas aux élèves du Conservatoire qu'on pourra demander d'aller dans le laboratoire de mécanique pour voir les machines ; d'ailleurs la question est tellement vaste qu'il ne faut pas espérer à mon sens que l'enseignement pratique puisse se donner dans une école, si bien outillée qu'elle soit, car l'enseignement pratique de la mécanique exige des machines considérables et constamment renouvelées ; cette étude ne peut se faire que dans les ateliers.

Je reviens à la seconde partie de la question, celle qui a un intérêt national et international, c'est-à-dire le moyen de faire des essais de matériaux et des essais de machines. Il serait d'un grand intérêt qu'il y eût des laboratoires en très grand nombre sur notre territoire et dans les pays voisins. Il existe de ces laboratoires qui sont très importants ; je ne parle pas des laboratoires d'essais de matériaux installés, soit au ministère des Travaux publics, soit dans les chemins de fer, soit dans les usines. Ces laboratoires d'essais de matériaux répondent à peu près, pour le moment, à tous les besoins, mais ils ont pour la plupart un défaut grave, c'est qu'ils ne sont pas publics ; il faut s'adresser à la complaisance de ceux qui les possèdent pour faire des essais.

A ce point de vue le laboratoire du Conservatoire aura un avantage, et c'est un avantage qu'on pourra réclamer pour les laboratoires gouvernementaux, c'est-à-dire qu'il sera public.

Pour ce qui concerne les laboratoires d'essais de machines ; il en existe un grand nombre, seulement ces laboratoires sont installés chez des particuliers : il en existe un au chemin de fer de Lyon qui est très complet ; il est installé pour étudier les conditions de production de la vapeur dans les locomotives. Il en existe un autre, qui est superbe, à la Société Centrale de construction de Pantin où l'on fait des essais au frein, à l'indicateur d'une manière courante : mais l'inconvénient de ces laboratoires, c'est que ce sont des laboratoires particuliers. Or il serait d'un très grand intérêt, pour la mécanique en général, qu'on pût avoir, en différents points du territoire de notre pays et des pays voisins, des laboratoires, qui fussent mis à la disposition des industriels, pour leur fournir des chiffres résultant de mesures exactes.

Voilà le véritable intérêt d'un laboratoire qui ne soit pas un laboratoire particulier.

Il me semble qu'on peut concilier tout cela. Je vous disais que je ne tenais pas à la rédaction, je tiens surtout au fond. Comme l'a dit mon ami, M. Cornut, j'attache une importance sérieuse à ce qu'un vœu relatif au Conservatoire soit émis par le Congrès; cela nous aiderait à avoir des crédits. Ces crédits, Messieurs, ne sont pas pour le professeur de mécanique, qui n'en a que faire, ils sont consacrés au public.

Eh bien, pour concilier les deux choses, je modifierai la forme du vœu et je dirai :

Le Congrès international de mécanique émet le vœu que des laboratoires de mécanique appliquée soient créés et mis à la disposition des industriels et que notamment des mesures soient prises pour que le laboratoire du Conservatoire soit rétabli dans le plus bref délai possible.

M. POLONCEAU. — Je regrette de ne pas pouvoir partager complètement l'opinion de M. Hirsch. Sous une certaine forme, c'est en définitive, — il faut appeler les choses par leur nom, — la constitution d'un bureau officiel d'essais. Je crois que c'est absolument détestable. Il faut perdre l'habitude de toujours nous servir du gouvernement; nous sommes majeurs, nous ne sommes pas mineurs; nous n'avons pas besoin du gouvernement; nous devons faire nos affaires nous mêmes et nous les ferons avec progrès. Il est incontestable que quand on compte sur le gouvernement, il y a toujours une sorte de paresse qui fait qu'on ne progresse pas. Ce n'est qu'avec les plus grandes difficultés, que dans un gouvernement, on arrive à faire une modification quelconque. Eh bien, quand un bureau officiel d'essais aura adopté un type, ce sera fini, vous ne pourrez pas en sortir, ce sera une barrière infranchissable à tout progrès.

Je répète ce que j'ai dit tout à l'heure, le Conservatoire des Arts et Métiers, qui a fait de très grands travaux, n'est pas en cause dans cette question. Nous sommes un Congrès international, nous devons traiter la question au point de vue international et non au point de vue du Conservatoire.

C'est dans ce but-là que je crois qu'il faut traiter la question et dire : *Le Congrès après avoir délibéré déclare que si les grands industriels et les grandes compagnies ont grand intérêt à développer des laboratoires d'essais et de recherches mécaniques, il est, au plus haut degré, important d'en installer dans tous les établissements techniques supérieurs.*

M. HIRSCH. — Je demande à dire un mot en réponse au précédent orateur, relativement à l'intervention du gouvernement. Certes, plus que personne, je crois qu'il n'est pas bon que l'administration intervienne

là où elle n'a que faire; je connais tous les inconvénients de l'administration; je sais à quelles difficultés on se heurte lorsqu'on réclame de l'administration telle ou telle solution. Mais au cas particulier, c'est une tout autre question.

Le précédent orateur ne voudrait pas que le gouvernement intervint dans la question des laboratoires de mécanique. Remarquez bien que, si on suivait cette voie, il en résulterait que nous irions directement contre le vœu qui vient d'être émis tout à l'heure, vœu dans lequel on disait qu'il fallait, au contraire, prier, non pas seulement un gouvernement, mais tous les gouvernements de créer une conférence internationale pour obtenir l'unité; et on avait parfaitement raison de le dire; toutes les fois qu'il est indispensable d'unifier, il est impossible de se passer de l'intervention du Gouvernement; voilà un point important. Un laboratoire qui doit donner des mesures uniformes à différents industriels venant de différents pays, doit être un laboratoire gouvernemental parce que, seul, il a qualité pour prendre des mesures uniformes. Supposez que le laboratoire du Conservatoire, ou tout autre dépendant du gouvernement, adopte une forme déterminée pour les essais de matériaux, je suppose qu'il prenne par exemple la barrette de 0^m,200 de longueur avec telle ou telle section, eh bien! ce sera cette barrette qui deviendra, par la force même des choses la barrette officielle, et qui établira l'uniformité dans toutes les mesures adoptées par les laboratoires particuliers.

Ainsi, au point de vue de l'uniformisation, je crois que ce scrupule de ne pas se servir du gouvernement, doit être écarté. C'est pourquoi je crois qu'il est utile d'avoir un laboratoire au Conservatoire.

M. BADOIS. — Je demande qu'à la suite du premier vœu on ajoute qu'il doit y avoir des laboratoires dans chaque pays. La Commission serait chargée de fixer les mesures qui seraient employées dans ces divers laboratoires.

M. GOTTSCHALK. — Je propose le vœu suivant: *Le Congrès international émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension des laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des Arts et Métiers.*

(Ce vœu est adopté par le Congrès).

La séance est levée à 12 h. 1/2.

IV. Séance du 18 septembre 1889

PRÉSIDENT DE M. KRAFT, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 9 h. 1/4.

M. LE PRÉSIDENT remercie l'assemblée de l'honneur qu'elle lui a fait en lui permettant de présider une de ses séances.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 17 septembre.

Ce procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Hirsch. (1)

M. HIRSCH résume les considérations présentées dans son rapport sur les machines thermiques autres que les machines à vapeur d'eau.

Il compare le rendement des machines à vapeur à celui des machines à gaz, et montre que ces dernières ont un rendement thermique supérieur à celui des machines à vapeur.

En considérant que la machine à vapeur peut consommer un kilogramme de bonne houille par cheval et par heure, que la machine à gaz consomme un mètre cube de gaz dans les mêmes conditions, la comparaison de 8500 calories, pouvoir calorifique d'un kilogramme de houille, aux 5300 calories, pouvoir calorifique d'un mètre cube de gaz, conduit à cette conclusion, que la machine à gaz consomme un tiers de chaleur en moins que la machine à vapeur pour un même travail produit.

M. Hirsch en indique les causes. D'une part, la machine à vapeur est un appareil plus compliqué, exigeant chaudière, tuyauterie, cylindres, etc., tandis que, dans la machine à gaz, la combustion s'effectue dans le cylindre lui-même.

D'autre part, l'augmentation de la pression et, par suite, de la température, dans les machines à vapeur, est forcément limitée.

Au contraire, on atteint, au moment de l'explosion, dans les machines à gaz, de 1300 à 1400 degrés.

D'autres éléments sont encore à considérer tels que : le prix du combustible, le fonctionnement régulier et pratique du moteur, son volume quelquefois très encombrant, son poids, les conditions de l'alimentation. Dans l'état actuel des choses, ce sont encore des types spéciaux de moteurs à vapeur qui présentent le moindre poids si on les compare à des moteurs à gaz de même puissance.

(1) Le rapport de M. Hirsch est publié *in extenso*, tome 4.

M. le rapporteur passe successivement en revue :

Les machines à vapeur surchauffée, par action directe du combustible ou par mélange de vapeurs à températures différentes ;

Les machines à vapeur combinée, dont le type est l'ancienne machine du Tremblay ;

Les machines à air chaud, avec ou sans emploi de régénérateurs, dont il indique les difficultés de construction.

M. HIRSCH groupe les machines à air chaud en plusieurs classes :

1° Celles dans lesquelles le chauffage de l'air se produit extérieurement ;

2° Celles dans lesquelles la combustion se fait directement à l'intérieur de la machine.

Il s'occupe ensuite de l'emploi des combustibles solides ou gazeux, et fait remarquer que l'emploi des gazogènes se prête difficilement à des variations rapides de puissance ou d'allure du moteur.

M. le Rapporteur parle ensuite des machines à combustible liquide, en indiquant que ces combustibles peuvent produire une très grande quantité de chaleur : le pétrole par exemple, peut produire 10000 calories par kilogramme.

Il divise les machines à pétrole en deux catégories ;

1° Celles dans lesquelles on se sert d'essence de pétrole ou gazoline, produit dangereux, pour carburer l'air ;

2° Celles dans lesquelles le pétrole est vaporisé par portions à chaque coup de piston de la machine.

Il s'occupe ensuite des machines à combustibles gazeux, en distinguant les machines à combustion continue et celles à explosion, qui sont de beaucoup les plus employées.

L'action des gaz dans ces machines est difficile à analyser, et il n'est pas bien certain que l'indicateur de pression puisse donner des résultats exacts, à cause des masses en mouvement et de la durée très faible de l'explosion.

M. Hirsch fait remarquer, en terminant, que les pertes par les parois sont considérables. Pour atténuer, autant que possible, ces pertes on donne au piston une grande vitesse, et l'on emploie les mélanges détonnant sous pression pour obtenir une détente plus prolongée.

M. le Rapporteur ajoute encore que, dans ces moteurs, les résistances passives sont plus considérables que dans les machines à vapeur, à cause du demi effet des moteurs à gaz, par rapport aux machines à vapeur à double effet.

M. LE PRÉSIDENT. — Quelqu'un a-t-il des observations à faire au sujet de la très intéressante conférence que nous venons d'entendre ?

M. ARNOUX. — Je tiens à faire une observation sur le rendement des machines industrielles.

Beaucoup d'ingénieurs pensent qu'il y aurait intérêt à réaliser des machines qui s'approchassent, autant que possible, du cycle de Carnot. Eh bien, on peut facilement démontrer qu'une machine qui réaliserait ce cycle ne transformerait qu'infiniment peu de travail et par conséquent n'aurait aucune valeur industrielle. En effet, le cycle de Carnot se compose de deux lignes isothermiques et de deux lignes adiabatiques. Pour réaliser une ligne isothermique par exemple, il faut que la résistance opposée à la pression du gaz lui soit presque égale ; on est donc dans des conditions voisines de l'équilibre ; il faut en quelque sorte que la résistance s'accommode à chaque instant avec la puissance, de façon à lui être presque égale. Or, une machine qui fonctionnerait dans des conditions voisines de l'équilibre ne transformerait qu'infiniment peu de travail dans l'unité de temps et n'aurait que très peu de puissance ; au point de vue industriel, une pareille machine serait sans valeur, parce que ce qui fait la valeur d'une machine, c'est non-seulement son rendement, mais encore sa puissance.

M. BOULVIN. — Je me permettrai de faire observer que la réaction est toujours égale à l'action. Cela ne veut pas dire que la machine ne transforme pas de travail ; cela signifie que la résistance, force d'inertie comprise, est toujours égale à la puissance ; il en est de même dans toutes les machines, il me semble donc que la dernière observation est basée sur une erreur.

M. GOULLY. — Messieurs, je voudrais présenter quelques observations au rapport que nous a fait l'éminent professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, M. Hirsch. Je crois que si on veut étudier une machine, il faut la décomposer en quatre parties : l'appareil qui est destiné à produire l'énergie, le récepteur, la transmission et l'outil. Si l'on a une installation à faire, ces quatre parties-là sont liées entre elles d'une façon absolue et il est tout à fait impossible d'étudier les unes sans étudier les autres, à part certaines conditions qui peuvent se présenter, comme le manque de combustible solide, la présence d'un liquide ou d'un gaz pouvant servir de combustible, etc.

Si, au point de vue de l'économie thermique, on veut étudier une machine, il est impossible de séparer les deux premières parties, savoir : l'appareil de création de l'énergie et le récepteur. M. Hirsch a pris comme point de départ de sa critique sur la machine à vapeur, ce fait qu'elle consommait un kilogramme de charbon par cheval et par heure. Je crois qu'on est descendu beaucoup plus bas et, sans citer de chiffres chimériques, je puis admettre 800 grammes par force de cheval et par

heure, 800 grammes pour des machines évidemment bien construites, bien soignées, mais enfin le chiffre existe. Cette dépense de 1 kilogramme de charbon par cheval et par heure, dans la machine à vapeur, est prise par M. Hirsch en considérant l'appareil qui produit l'énergie et le récepteur, tandis que le chiffre de 1 mètre cube de gaz consommé par cheval et par heure dans les machines à gaz est pris sans considérer l'appareil qui produit l'énergie, de sorte qu'il y a là un élément de comparaison qui manque au point de vue du rendement thermique. Je ne parle pas des prix du charbon et du gaz, je parle de l'économie du calorique qu'on peut emprunter à la nature pour produire du travail. Et, si, pour la machine à vapeur, on faisait une comparaison analogue, c'est-à-dire, si on prenait le récepteur simplement, il faudrait déduire des 8500 calories que contient le charbon, 25 p. % pris par le foyer, c'est-à-dire par l'appareil qui produit l'énergie; et alors, en admettant même ce chiffre de 1 kilogramme, on arriverait à peu près au chiffre de 5300 calories développées par 1 mètre cube de gaz. A ce point de vue-là, la machine à vapeur est donc tout à fait comparable à la machine à gaz surtout si on prend 800 grammes au lieu de 1 kilogramme. Je ne parle pas de chiffres fantastiques comme celui de 500 grammes, que certains constructeurs prétendent avoir obtenu couramment. Si on compte 800 grammes, on arrive à un rendement de 13 p. % pour la machine à vapeur.

Maintenant, la vapeur est-elle meilleure ou plus mauvaise que ne le sont les gaz ? Nous avons comme guide le cycle de Carnot. M. Arnoux n'a fait que reprendre tout à l'heure une théorie de M. Lippmann qui est parfaitement exacte, mais pas du tout réalisable.

Le cycle de Carnot n'est pas réalisable, je ne dirai pas que c'est parce qu'il suppose des conditions voisines de l'équilibre, — toutes les machines sont dans des conditions voisines de l'équilibre, — mais parce qu'il s'agit de produire des lignes adiabatiques et des lignes isothermiques, et que pour cela, il faudrait se placer dans des conditions physiques qui n'existent pas ; il n'y a pas de corps sans conductibilité pour produire les lignes isothermiques, ni de corps avec une conductibilité parfaite pour produire les lignes adiabatiques.

Le cycle de Carnot a d'ailleurs été posé comme un principe géométrique purement et simplement, mais ayant toute la valeur d'un principe géométrique, c'est-à-dire permettant d'appliquer les nombres aux phénomènes naturels étudiés dans la thermodynamique. C'est là la valeur de tous les principes géométriques ; et en posant son principe, S. Carnot a rendu un service immense à la science de la thermodynamique ; il en a fait une science. Mais, s'il est vrai que nous étudierons tous les cycles à

l'aide de celui-là ; il n'est pas moins vrai non plus que nous devons tâcher de nous rapprocher le plus possible de ce cycle de Carnot.

Evidemment la formule $\frac{t_1 - t_0}{273 + t_1}$ est le rendement idéal qu'il ne faut pas espérer obtenir ; mais s'en rapprochera-t-on mieux avec un corps qu'avec un autre ?

Cette formule nous sert de point de comparaison, mais il ne faut pas oublier la seconde partie du principe de Carnot, qui est fondamentale, c'est que le rendement est le même quel que soit le corps qu'on emploie.

Vous emploieriez de l'or, de la vapeur d'eau, des gaz, c'est toujours la même chose que vous pouvez obtenir comme rendement maximum, chaque corps ayant bien entendu ses lignes isothermiques et adiabatiques particulières ; le rendement sera toujours le même, si les températures extrêmes entre lesquelles le corps fonctionne sont les mêmes. Je crois qu'il est important de fixer ses idées là-dessus.

Cela est-il absolu, c'est-à-dire dans les applications où l'on cherche à se rapprocher de cette perfection, — au moyen de l'eau, au moyen des gaz qu'on chauffe ou qu'on brûle, — arrivera-t-on à faire quelque chose de mieux ? Nous ne le savons pas. C'est pour cela qu'il ne faut pas dire que la machine à vapeur est moins bonne que la machine à gaz. La difficulté qui nous arrête, c'est évidemment d'élever la température t_1 , mais cette difficulté est la même pour la vapeur et pour les gaz, avec cette différence que la vapeur a l'avantage de se prêter à un mouvement rapide et de subir ses transformations assez facilement, puisqu'elle emmagasine une assez grande quantité de chaleur.

Ce qui doit encore guider dans le choix d'une machine, ce sont les deux autres conditions que doit remplir la machine : la facilité de transmission et l'usage auquel elle est destinée. A ce point de vue, il est certain que les machines à gaz, même les premières qui ont été construites, ont rendu de grands services quand on les a installées dans un chantier où le gaz se trouvait, et où il n'y avait qu'un robinet à ouvrir pour le mettre en communication avec la machine.

Quant aux effets de la température très élevée, ils sont les mêmes pour les machines à gaz et pour les machines à vapeur ; la difficulté de faire les joints est la même, les grippements et le graissage pour les empêcher se présentent dans toutes les machines et par conséquent nous retrouverons, il me semble, les mêmes difficultés, qu'il s'agisse des machines à vapeur et qu'il s'agisse des machines à gaz.

M. CASALONGA, au sujet de l'observation présentée par M. Arnoux, dit

que le cycle de Carnot est, ainsi que l'a fort bien dit M. Hirsch, impraticable. Il est de plus très dangereux au point qu'il a pu tromper son auteur lui-même, et d'autres savants après lui.

Dans ce cycle toute la chaleur incorporée est transformée, et c'est ce qui a fait dire à Carnot que le travail effectué correspondait à la totalité de la chaleur mise en œuvre. Mais cette transformation intégrale ne peut s'effectuer sans le concours d'un travail extérieur ou sans une diminution correspondante des résistances extérieures.

C'est, d'autre part, en se fondant sur ce cycle que certains auteurs ont exprimé l'avis qu'il n'y avait aucune économie à réaliser avec les récupérateurs ou tamiseurs de chaleur. Cependant, M. Hirsch, avec beaucoup de raison, a indiqué l'efficacité de ces appareils, efficacité d'ailleurs indiscutable dans tous les cas.

Quant à l'opinion émise par M. Gouilly qu'il est indifférent d'après le principe de Carnot de considérer tel corps plutôt que tel autre, au point de vue du rendement, lequel est donné par la relation $\frac{t_1 - t_0}{273 + t_1}$ opinion qu'il faudrait faire partager par tous les inventeurs, M. Casalonga fait remarquer qu'il serait fâcheux de propager un tel principe ainsi posé.

Carnot a fait preuve de génie en émettant ce principe, mais il se rapportait à sa conception de l'effectuation du travail par la chaleur mise en œuvre sans perte de cette chaleur.

M. Casalonga fait remarquer que dans les évolutions dont les corps sont susceptibles il ne faut pas perdre de vue qu'une partie seule de la chaleur est transformée en travail extérieur, et l'autre est affectée au travail intérieur. La somme de ces deux travaux est bien la même pour tous les corps, mais la valeur de l'une des parties par rapport à l'autre varie d'un corps à l'autre et aussi suivant la nature des évolutions d'un même corps, ainsi que le montre l'expérience de Joule.

M. Casalonga ajoute qu'il est évident, contrairement à l'opinion émise par M. Gouilly, que le rendement obtenu en travail *externe*, selon la juste définition qu'en donne M. Hirn, sera avec de l'or, de l'argent, de l'eau, bien différent de celui obtenu, par exemple, avec de l'air.

M. GOUILLY demande à faire remarquer que la périodicité est la condition essentielle des machines, de sorte que, quel que soit le cycle, il est parcouru complètement ; il n'y a pas de travail intérieur à considérer.

Il ajoute que ce qu'il a dit à propos du cycle de Carnot forme bien le fond de sa pensée et que les constructeurs de machines à vapeur n'ont pas à se décourager.

M. BOULVIN objecte que les cycles qui donneraient une pression trop faible, eu égard aux résistances passives, sont plus désavantageux que les autres, ce qui motive le choix judicieux du fluide et donne une grande importance à la comparaison que l'on fait entre les différentes machines thermiques.

M. GOUILLY revient sur cette question : Y a-t-il lieu de dire qu'un corps vaut mieux qu'un autre ? J'ai dit : voilà la formule qui sert à étudier le rendement résultant de l'application d'un principe géométrique qu'il faut toujours avoir présent à l'esprit quand nous faisons nos études, soit pour faire nos calculs, soit pour diriger nos recherches, alors même que formule et principe ne soient pas susceptibles d'une réalisation pratique.

Je regrette de n'avoir pas ici certains chiffres que j'ai trouvés en étudiant les machines à vapeur, et qui prouvent qu'il y aurait moyen d'obtenir 10 ou 15 p. % de plus pour le rendement de ces machines, en se rapprochant dans certaines limites possibles du cycle de Carnot.

M. CASALONGA, revenant sur de nouvelles considérations émises par M. Gouilly qui, d'après certaines recherches qu'il a faites, penserait augmenter le rendement des machines à vapeur de 10 p. %, fait remarquer qu'un tel résultat est impossible, à moins que M. Gouilly ne veuille parler de 10 p. % des 7 1/2 indiqués par M. Hirsch, et que M. Casalonga trouve plutôt forts que faibles, si les causes de perte, hormis celle qui résulte du *coefficient économique*, sont exactes. C'est donc une augmentation de 0,7 p. % que M. Gouilly penserait réaliser, augmentation que la nature des expériences ne permettrait peut-être pas de préciser.

M. Casalonga ajoute que, pour lui, la machine à vapeur a été la gloire de Watt, la fortune de la fin du siècle dernier et de celui-ci; mais on peut dire d'elle qu'elle a vécu, et que dans vingt ans on ne la construira plus.

M. HIRSCH.— Je demande à présenter quelques observations. M. Gouilly nous a annoncé qu'il avait rencontré des machines à vapeur qui ne consumaient que 800 grammes ; c'est un fait très intéressant à noter. Cependant je crois que M. Gouilly s'est un peu trompé sur la portée de mes paroles ; je ne dis pas qu'il n'y ait pas de machines à vapeur qui aient une consommation inférieure à 1 kilogramme, de même que je ne dis pas qu'il n'y ait pas de machines à gaz ayant une consommation supérieure à 1 mètre cube. Dans une comparaison rapide, faite pour donner une idée des chiffres, j'ai pensé qu'il fallait prendre des nombres courants, habituels de consommation ; or, il est clair qu'une machine à vapeur qui consomme 1 kilogramme par cheval et par heure est une très bonne machine et qu'il existe des machines à gaz dont la consom-

mation par cheval-heure est inférieure à un mètre cube. Ainsi, ce n'est qu'à titre de comparaison que j'ai proposé ces chiffres.

Je demanderai à M. Casalonga la permission de faire une rectification, qui me tient un peu plus à cœur. La parole qui a échappé à M. Casalonga ne rend pas sans doute sa pensée ; Carnot n'a jamais entendu que la totalité de la chaleur pût être transformée en travail. Au contraire, lorsqu'il a imaginé son cycle, la théorie de l'équivalence entre la chaleur et le travail n'existait pas ; ce n'est que dans les dernières années de sa vie que Carnot a eu, pour ainsi dire, un pressentiment de cette théorie, qui ne devait prendre corps que bien longtemps après ; mais à l'époque où Carnot a fait ses travaux, la théorie de la matérialité du calorique était acceptée par tout le monde ; par conséquent Carnot a admis, non pas que toute la chaleur était transformée en travail, mais que la totalité de la chaleur empruntée à la source de chaleur était transmise sans perte au réfrigérant, malgré le travail produit.

M. CASALONGA. — C'est bien ce que j'ai voulu dire et crois avoir dit ; je sais que dans les dernières années de sa vie, Carnot a indiqué une valeur de l'équivalent de la chaleur très voisine de celle déterminée plus tard par Meyer.

M. BADOIS ne voudrait pas qu'il eût confusion entre le rendement théorique et le rendement industriel ; pour apprécier ce dernier on doit tenir compte d'éléments qu'il ne faut pas perdre de vue, tels pour les machines à gaz, la suppression de la chaudière, du chauffeur, la réduction de poids, d'emplacement, etc., lesquels ne peuvent s'estimer en chaleur transformée en travail.

Il fait remarquer, par contre, que la machine à vapeur a l'avantage de permettre facilement une augmentation de puissance par une élévation assez rapide de la pression, ce qui ne peut avoir lieu avec les moteurs à air et constitue une infériorité relative dans certains cas du moteur à gaz par rapport aux moteurs à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Richard pour sa communication sur la production mécanique et l'utilisation du froid artificiel. (1)

M. RICHARD. — Messieurs, j'ai à vous entretenir aujourd'hui d'une question très importante : la *production mécanique et l'utilisation du froid artificiel*.

On a proposé, pour produire le froid artificiellement un grand nombre de moyens, mais aujourd'hui, la plupart de ces moyens sont éliminés et il n'en reste pour ainsi dire qu'un seul, c'est l'utilisation du froid

1. Le rapport de M. Richard est publié *in extenso*, tome 4.

produit par la détente d'un gaz comprimé ou d'une vapeur liquéfiée, refroidis par leur compression.

M. RICHARD passe en revue les différents moyens de produire mécaniquement le froid.

Il s'occupe d'abord des machines à air comprimé, le froid étant produit par la détente de cet air.

La détente la plus convenable est de 2,5 et, dans ces conditions, l'énergie calorifique est de 25 calories par mètre cube d'air passé dans la machine.

M. le rapporteur décrit les différentes dispositions de refroidisseurs sécheurs que l'on est obligé d'employer pour se débarrasser de l'humidité de l'air, ainsi que les boîtes à neige que l'on ajoute à ces appareils.

Il fait remarquer qu'on se sert d'un liquide incongelable comme intermédiaire entre l'air détendu et les corps qu'il s'agit de refroidir.

M. le rapporteur passe ensuite aux machines à gaz liquéfié par compression, et entre dans quelques détails sur les conditions de fonctionnement de ces machines. Il parle du régime de saturation ou de surchauffe, en faisant remarquer que le premier est préférable.

Quelques détails de construction sont ensuite indiqués, en ce qui concerne les stuffing-box, et M. Richard décrit la disposition Tellier à deux garnitures et chambre intermédiaire communiquant avec l'aspiration du compresseur, et la disposition Fixary à huile congelée ou maintenue à l'état pâteux par une canalisation de gaz ammoniac liquéfié qui, en se vaporisant, produit un froid suffisant pour amener cette congélation.

M. Richard indique les différents corps employés : l'éther sulfurique, qui est abandonnée maintenant, l'éther méthylique ; le chlorure de méthyle ; l'acide sulfureux ; le gaz ammoniac ; l'acide carbonique.

Il entre dans quelques détails sur les machines à acide carbonique, en faisant remarquer, tout d'abord, que ce corps se condense, sous la pression atmosphérique, à -32° , et que le liquide obtenu se vaporise à l'air libre, en produisant un froid de -75° , une partie de la matière se solidifiant sous forme de neige.

M. Richard passe ensuite à l'emploi des liquides binaires, et fait remarquer que ce sont MM. Tessié du Motay et Rossi qui ont commencé à employer ces mélanges et que c'est M. Pictet qui a repris la question en se servant de mélanges d'acide carbonique et d'acide sulfureux dans des proportions variables permettant d'obtenir des points d'ébullition variant de -70° à -77° .

M. le rapporteur cite encore les machines à absorption ou à affinité dont la machine Carré est le type.

Il passe ensuite aux applications principales du froid artificiel en

mentionnant les industries chimiques, le réglage de la fermentation dans la fabrication de la bière, par exemple, le fonçage des puits et le percement des tunnels, comme à Stockholm, la fabrication de la glace, la production de l'air froid, et, enfin, la conservation des viandes.

Il entre dans quelques détails sur la fabrication de la glace transparente, à l'aide de la vapeur ayant servi à produire la force motrice nécessaire. Enfin M. Richard termine son exposé par la description des moyens à employer pour le refroidissement de l'air, et par quelques données sur les températures en usage dans l'industrie de la conservation des viandes.

La séance est levée à midi et demi.

V. Séance du 19 septembre 1889

PRÉSIDENTE DE M. PHILLIPS

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 18 septembre.

A propos du procès-verbal, M. ARNOUX demande la permission de développer les idées qu'il a émises dans la séance précédente, à propos du cycle de Carnot. Le cycle de Carnot étant, comme on le sait, celui ou plus exactement l'un de ceux qui permettent de réaliser le *rendement maximum*, c'est une opinion généralement répandue qu'il faut s'en rapprocher, autant qu'il est possible, dans les moteurs thermiques industriels.

M. Arnoux fait observer que si la réalisation du *rendement maximum* présente un grand intérêt industriel, il y a une question qui n'est pas moins importante, c'est celle de la *puissance de transformation* dont le moteur considéré est susceptible, et qu'il est bien évident qu'une machine qui réaliserait le rendement maximum, mais qui mettrait un temps infini pour transformer une quantité finie d'énergie, n'aurait aucune valeur industrielle.

Il ajoute que la pratique et l'expérience journalières indiquent que, dans tout transformateur d'énergie, moteur thermique, hydraulique, électrique, etc., une grande puissance de transformation est incompatible avec le rendement maximum dont l'appareil est susceptible.

M. Arnoux ajoute que Carnot a fait observer que l'on peut comparer,

avec assez de justesse, la puissance de la chaleur à celle d'une chute d'eau ; toutes deux ont un maximum que l'on ne peut dépasser, quelle que soit d'une part, la machine employée à recevoir l'action de l'eau, et quelle que soit, de l'autre, la substance employée à recevoir l'action de la chaleur.

Si l'on prend l'exemple analogue et plus simple d'un poids tombant d'une certaine hauteur et attelé à une poulie par un cordon de masse négligeable devant celle du poids, il est facile de voir que si la somme des résistances que M. Arnoux désigne sous le nom de *résistances vives* pour ne pas les confondre avec les *résistances d'inertie*, est inférieure à la force motrice, celle-ci sera toujours égale évidemment à la somme des résistances vives et d'inertie d'après le principe de d'Alembert, mais le poids atteindra le sol avec une vitesse et par conséquent une quantité d'énergie qui ne sera pas nulle. Le travail développé par la chute du poids ne pourra être intégralement capté ; il y aura un déchet, et ce déchet sera d'autant plus considérable que les *résistances vives* seront comparativement plus petites.

M. Arnoux dit qu'il résulte de là que si l'on veut que l'énergie disponible soit intégralement captée, il faut que la somme des résistances vives soit égale, à un infiniment petit près, au poids moteur. Dans ce cas, le mouvement est infiniment lent, les forces d'inertie n'interviennent plus, et le *rendement* est maximum, mais la *puissance* moyenne transmise est nulle et le système perd toute valeur industrielle.

M. Arnoux fait remarquer que ces considérations s'appliquent identiquement aux molécules d'une masse gazeuse agissant avec une vitesse finie sur un piston.

En effet, quelles que soient l'origine et la nature des forces qui déplacent les molécules, celles-ci acquerront, si leur vitesse de déplacement n'est pas sensiblement nulle, une puissance vive qui ne pourra jamais être intégralement transmise au piston. Il y aura donc ici également un déchet qui ne pourra s'annuler que si la *résistance vive* opposée par le piston est constamment égale à un infiniment près à la pression développée par la masse gazeuse. En d'autres termes, le *rendement maximum* ne pourra être atteint que si la loi de variation de la *résistance vive* est identique à celle du cycle de Carnot, s'y adapte en quelque sorte. Mais alors le mouvement du piston sera infiniment lent, la puissance de transformation et la valeur industrielle du moteur absolument nulles.

M. Arnoux répète, en terminant, que si un grand rendement est une qualité, une grande puissance de transformation en est une autre qui ne le cède en rien, comme importance, à la première, et que c'est surtout

le produit de la puissance spécifique par le rendement qui détermine la valeur véritablement industrielle d'une machine.

Le procès-verbal de la séance du 18 septembre est adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. HIRSCH, président de la troisième section, demandant à M. le Président de présenter au Congrès un vœu formulé par les membres de cette section.

« Monsieur le Président, j'ai l'honneur de vous transmettre une délibération de la troisième section du Congrès, qui recommande l'institution d'expériences sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mon respect. »

Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, la troisième section recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

M. LE PRÉSIDENT. — Je pense qu'il y a quelques mesures spéciales à prendre dès à présent.

M. HIRSCH. — M. le président, c'est un vœu émis par la troisième section. La troisième section désire que ce vœu soit adopté par le Congrès tout entier.

M. LE PRÉSIDENT. — Je vous demande de quelle façon on comprendrait son application. Faudrait-il attendre que les laboratoires fussent établis pour leur recommander cette mesure.

M. HIRSCH.—C'est une indication des travaux qui pourraient être recommandés aux laboratoires, dans le cas où ces laboratoires seraient créés.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, vous avez entendu ce qu'a dit M. Hirsch, je crois, en effet, que cela est utile.

M. DIESEL. — Je voudrais me permettre d'appuyer de toutes mes forces la motion que M. RICHARD a présentée hier à la troisième section. Les essais en question ont d'abord un intérêt industriel énorme, nous avons vu hier, dans les travaux de section, que toute discussion scientifique sur la façon dont se comportent les vapeurs employées dans les machines à froid se trouve arrêtée dès le début, faute de données expérimentales. Ces essais feraient également faire un grand pas à la question des machines employant d'autres vapeurs que celle de l'eau, question qui, comme nous l'a dit M. Hirsch avec tant d'autorité, est une de celles qui laissent le champ libre à tous les espoirs. Mais, en dehors de la question industrielle, ces essais auraient une immense valeur scientifique. Car, en somme, nous ne connaissons bien à fond que la vapeur

d'eau à l'état saturé. Pour les autres vapeurs nous sommes obligés de recourir à des hypothèses. L'état surchauffé n'est même pas connu pour l'eau.

Si ces études étaient faites, on trouverait certainement des propriétés communes aux diverses vapeurs et, au lieu d'avoir pour ainsi dire une théorie pour chacune d'elles on trouverait une théorie commune à toutes. On trouverait aussi le lien entre les vapeurs saturées et surchauffées et l'on arriverait certainement à formuler une seule loi pour les diverses transformations, au lieu d'avoir, comme maintenant, trois théories entièrement distinctes pour les états successifs saturé, surchauffé et gazeux.

On arriverait, en un mot, à une simplification, à une unification de la thermo-dynamique, qui, en ce moment, reste stationnaire, à cause de l'absence de matière expérimentale.

Enfin, il y a un troisième intérêt à faire ces essais.

La France, qui possède à son actif les admirables travaux de Regnault, qui a toujours été l'initiatrice des travaux désintéressés et des études scientifiques de haute volée, ajouterait à sa gloire passée une palme incomparable en continuant et en étendant les études de Regnault.

M. LE PRÉSIDENT soumet ce vœu au vote du Congrès : Il est adopté à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT. — Il y a une demande de M. Hospitalier pour la nomination d'une Commission qui aurait à examiner certaines questions de déterminations et de terminologie mécaniques.

M. HOSPITALIER donne lecture de sa proposition.

Toutes les communications faites jusqu'ici au Congrès de mécanique appliquée présentent le plus grand intérêt, mais elles ne paraissent pas, à notre avis du moins, sous réserve du rapport de M. Tresca, et de celui de M. Cornut, répondre d'une façon essentielle au but principal du Congrès, qui est d'obtenir une entente internationale sur les points qui nous divisent encore.

M. Boudenoot a appelé l'attention sur l'un de ces points dans son rapport sur la transmission du travail, en demandant qu'on mit un peu d'ordre dans les dénominations de la mécanique et qu'on arrivât à proposer une terminologie moins variable, un langage unique, fixe et déterminé ?

C'est qu'en effet, Messieurs, la terminologie de la mécanique appliquée est en retard d'au moins un demi-siècle sur celle de sciences plus jeunes et non moins fécondes : cette terminologie manque de clarté ; elle manque de précision ; elle manque d'unité.

L'admirable système C. G. S., créé depuis vingt ans à peine, est rapidement devenu international parce qu'il a su répudier dès l'origine toute compromission, toute concession contraire à une logique, une méthode, une rigueur invariables.

Je crois, Messieurs, qu'il serait regrettable pour la Mécanique de s'attarder plus longtemps dans un *statu quo*, si peu en harmonie avec les progrès des autres sciences appliquées; une entente, un pas en avant sur les points essentiels est devenu, à mon avis, indispensable. J'ai donc l'honneur de proposer au Congrès de mécanique appliquée la nomination d'une Commission chargée de donner satisfaction, dans une certaine mesure, à la question si justement soulevée par M. Boudenoot. Cette proposition se produit bien tardivement par suite de circonstances indépendantes de ma volonté, mais je suis convaincu qu'avec deux journées de travail d'une commission peu nombreuse, nous pourrions arriver à la séance de samedi matin avec une série de propositions fermes qui rallieront certainement les suffrages de nos collègues.

Je demande donc à M. le Président de vouloir bien faire voter sur la proposition de la nomination d'une *Commission de dénominations et de terminologie mécaniques*.

Le Congrès désigne, pour faire partie de cette Commission, MM. BOULVIN, CASALONGA, DE COMBEROUSSE, GOUILLY, HATON DE LA GOUPILLIÈRE, HOSPITALIER et LENCAUCHEZ.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Bour pour sa conférence sur les progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur (1). Ces associations ont pour but de prévenir les accidents et les explosions des générateurs de vapeur, et de faire réaliser à leurs membres des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

M. BOUR fait remarquer que c'est à M. W. Fairbairn que revient l'honneur de la fondation de la première association de ce genre. Elle a été établie en 1855, à Manchester, sous le nom de « *The Manchester steam users Association* ».

Ce n'est qu'en 1867 que l'association alsacienne fut fondée sur le continent, à Mulhouse.

Cet exemple fut suivi, en 1868, par l'association badoise, puis par des nouvelles associations en Allemagne, en Autriche et en Belgique.

L'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France date de 1873.

Celle de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, l'association normande et l'association parisienne datent de 1874; l'association lyonnaise, de 1876;

1. La conférence de M. Bour est publiée *in extenso*, tome 3.

l'association de l'Ouest, de 1878; celle du Sud-Ouest, de 1879; l'association du Nord-Est, de 1882; enfin celle du Sud-Est a été créée en 1885.

M. Bour indique que six associations établies en 1878 avaient à surveiller 2710 chaudières et que ce nombre a augmenté en dix ans 7283 chaudières, soit au total 9992

M. Bour entre dans quelques détails sur le service des inspecteurs comprenant la visite tant intérieure qu'extérieure de la chaudière, une fois par an, et une autre visite extérieure dans le même laps de temps, cette inspection comprenant encore l'examen de l'état d'entretien de la machine à vapeur.

M. Bour a préparé une série de tableaux qui montrent le nombre et la nature des visites faites pendant l'année par chacune des associations. Il passe ensuite en revue les différentes causes d'explosions et indique, sous forme de tableau, le relevé des explosions qui se sont produites en France, de 1883 à 1887.

Comme exemple de l'utilité incontestable de ces associations, il cite l'association lyonnaise, pour laquelle on n'a eu à constater que deux explosions pour un total de 8457 chaudières réparti dans les treize premiers exercices, soit un accident par 4228 chaudières. Il indique les causes de ces accidents, manque d'eau pour l'un et vices de construction pour l'autre.

M. Bour fait encore remarquer que les indications que les agents des associations donnent aux propriétaires d'appareils à vapeur, soit pour les réparations, soit au moment de l'installation des appareils neufs, font réaliser aux industriels des économies importantes.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Mallet pour la lecture de son rapport sur les machines à vapeur à détente en cylindres successifs. (1)

M. MALLET fait remarquer que l'on distingue dans ces machines, celles à transvasement immédiat connus sous le nom de *machines de Woolf*, et, les machines à réservoir, désignées communément sous le nom de *machines compound*.

Il fait rapidement l'historique de la question, montre par quelles considérations on a été conduit à préférer, à un cylindre unique à détente très prolongée, des cylindres successifs.

M. Mallet fait remarquer que, dans la machine de Woolf, la pression totale étant divisée entre deux capacités, chaque piston a bien moins de charge maximum à supporter que dans la machine ordinaire à un cylin-

1. Le rapport de M. Mallet est publié *in extenso*, tome 2.

dre, dans laquelle le piston, de même section que le grand piston de la machine de Woolf, doit supporter la différence totale entre la pression à la chaudière et la pression à l'échappement.

La variation totale des efforts est moins considérable que dans la machine ordinaire, et les organes, pour une même pression moyenne effective, ont à subir une pression maximum moins élevée.

M. Mallet ajoute que, dans les machines à réservoir, les choses se passent un peu différemment. La machine compound se compose, en réalité, de deux machines successives et étagées, dont la première reçoit la vapeur de la chaudière et la décharge dans un réservoir intermédiaire qui alimente la seconde.

Il indique que la suppression absolue de la chute de pression entre les deux cylindres conduirait à une répartition très inégale du travail entre les deux cylindres, et qu'on est généralement conduit à accepter une certaine chute de pression qui amène une perte de travail, bien moins considérable d'ailleurs qu'on ne le croit.

M. Mallet traite ensuite la question des enveloppes de cylindres, et termine en disant un mot des machines à triple et même à quadruple expansion.

M. LENCAUCHEZ. — Messieurs, au sujet de la très intéressante communication de M. Mallet, je crois devoir faire remarquer tout d'abord que le système compound a rendu d'énormes services dans la navigation. M. Mallet n'a pas pensé à nous dire que dans la marine, il y a 25 ans, les dépenses des 40 et 50 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure étaient très courantes; quand on pouvait obtenir un cheval par heure avec 4 kilogrammes de combustible, on s'estimait très heureux: cela tient à ce que la pression ne dépassait généralement pas 1 atmosphère $1/2$. La pression de 2 atmosphères était considérée comme une forte pression. Il y avait aussi une autre cause de perte, c'est que pour l'alimentation, on était obligé d'avoir recours au double de la quantité d'eau transformée en vapeur, c'est-à-dire que si, par cheval, on consommait 40 kilogrammes de vapeur, on introduisait 80 kilogrammes d'eau froide dans la chaudière, et on en faisait sortir 40 kilogrammes d'eau chaude à 120 degrés. Les dépenses étaient énormes; c'était l'extraction continue ou intermittente. Après les essais dont M. Hirsch nous a entretenus hier, de l'amiral Lafont et de du Tremblay sur les machines à deux vapeurs. C'est la disposition de la machine à deux vapeurs qu'il y aurait intérêt à avoir pour prolonger la détente; malheureusement il ne pouvait y avoir de hautes pressions; il a fallu avoir recours aux condenseurs par surface. Quand on a pu augmenter la pression, on a augmenté la détente et alors on a bien remarqué que dans la marine on

ne pouvait pas avoir de volant comme dans les machines de terre. D'un autre côté, pour les machines à hélice, le mouvement est transversal à l'axe du navire, le navire ne peut pas faire volant comme dans le cas de la locomotive. Il était donc impossible de pouvoir produire une grande détente dans un seul cylindre; de là les essais Woolf et compound qui ont rendu des services considérables; puisqu'ils ont conduit à des économies qu'on peut estimer à 70 pour %.

Dans la marine ceci fit une très grande révolution et on a été d'autant plus enthousiasmé que tel navire qui dépensait 2000 tonnes de charbon pour faire la traversée d'Europe en Amérique ayant transformé ses chaudières en chaudières à haute pression (3 ou 4 kilogrammes) et ses machines en compound ou en tandem, est arrivé à ne plus dépenser que 750 ou 800 tonnes de charbon. En estimant le charbon à 20 francs la tonne, on voit donc qu'on réalisait une économie de 40 francs par tonne, le fret étant au même prix, soit 50000 francs sur un seul voyage.

Alors dans l'industrie, on s'est enthousiasmé, on s'est emballé, pour ainsi dire, avec le système compound. J'admire beaucoup ce système pour la marine; je crois même qu'il n'est pas possible de faire de la grande navigation sans ce système. Mais si je prends le cas des machines de terre, je rappellerai différents travaux, notamment ceux de M. Walther-Meunier ⁽¹⁾ dont la conclusion est celle-ci: « J'ai essayé cinq types de compound parfaits; j'ai essayé également cinq types de Sulzer et de Corliss; j'ai fait travailler les compound à la force pour laquelle elles ont été construites, j'ai fait travailler les autres machines dans les mêmes conditions, et je suis arrivé à trouver que le système compound donne un avantage de 8 p. %, du moins que l'utilisation est supérieure de 8 p. % pour les machines compound, sur la moyenne des machines monocylindriques. » Ceci, c'est l'essai à l'indicateur; quant à l'utilisation au frein de Prony, elle n'était plus que de 5 p. %.

M. Walther-Meunier dit: « Si je prends la machine compound, la plus parfaite et la machine monocylindrique la plus parfaite, je ne trouve plus que 3 p. % en faveur de la compound. Et sa conclusion est qu'il pense que dans le cas de l'industrie, quand on a une machine avec deux cylindres, qui coûte plus cher, il y a là une plus value d'immobilisation de capital; il faut compter avec l'intérêt de cette plus value et avec son amortissement; il faut entretenir et graisser un nombre d'organes doubles. Il conclut que si au bout de l'année on veut faire son compte, on trouvera que le système compound est plutôt onéreux qu'avantageux.

1. M. Bour arrive aussi aux mêmes conclusions, voir les *Bulletins des associations des propriétaires d'appareils à vapeur*.

Il lui semble que l'avantage résultant de l'emploi du système compound dans une filature, par exemple, est une chose douteuse.

A ce sujet, je ferai remarquer que je crois que M. Walther-Meunier a raison. En effet, dans les machines monocylindriques, auxquelles on donne aujourd'hui de plus grandes vitesses qu'anciennement, il suffit d'augmenter les organes, de soigner les graisseurs, de s'arranger de façon à ce que la charge par centimètre carré dans les articulations ne soit pas plus élevée que dans les autres machines, et ces moteurs présenteront autant d'avantages que les compound.

D'ailleurs, comme dans les machines de terre, on n'arrive pas à des puissances de 14 ou 20000 chevaux, comme pour la marine, il suffit que les arbres, au lieu d'avoir 0^m,85 de diamètre, comme j'en ai vus à New-York, aient un diamètre ne dépassant pas 0^m,30 ; dans ces conditions on n'a pas besoin d'avoir recours à des organes de dimensions exagérées.

D'un autre côté, la machine monocylindrique a une plus grande élasticité parce qu'elle peut faire la détente depuis 0 à l'introduction jusqu'à 30 % dans de bonnes conditions et jusqu'à 60 %, s'il y a lieu, dans les moments difficiles.

On reproche aux machines à un seul cylindre la chute de pression et la condensation. Je ferai remarquer que la même chute se produit dans les machines à deux, trois ou quatre cylindres, seulement elle est répartie entre ces deux, trois ou quatre cylindres.

Quant à la condensation, je crois qu'elle est toujours la même, dans un cas comme dans l'autre, parce qu'aujourd'hui, dans les machines bien faites, on a des circulations de vapeur autour du cylindre qui s'opposent à cette condensation.

A ce sujet, je ferai remarquer que depuis longtemps on avait proposé, pour transformer les cylindres en vaporisateur, en faisant circuler dans les enveloppes de la vapeur venant d'une chaudière ayant un timbre plus élevé ; ainsi, par exemple, si on marcherait à 6 kilogrammes dans le cylindre, et à 8 ou 10 kilogrammes dans l'enveloppe ; la vapeur qui aurait circulé dans cette enveloppe serait amenée dans la chaudière qui fournit la machine.

De cette façon, on pourrait vaporiser l'eau qui se condense pendant la détente et relever le travail de cette détente vers la fin de la course des pistons.

Ce système ne pourrait s'appliquer que dans le cas où le moteur serait d'une très grande puissance et pourrait comporter quatre, cinq ou six chaudières.

Mais, si on prend le cas de la plupart des machines de terre, qui ont

une puissance de 50 à 200 chevaux où il faut qu'une seule chaudière fournisse la vapeur au moteur, ce système n'est plus applicable (1). J'ai quelque peu collaboré pour améliorer le rendement dans ces machines. Voici les résultats que nous avons obtenus : nous sommes arrivés à avoir une circulation indépendante, mais dans ce cas, il faut avoir l'extraction continue; c'est ce que nous avons réalisé; ainsi la pompe alimentaire se trouve modifiée en pompe à deux plongeurs, l'un fait l'extraction de l'enveloppe et l'autre alimente continuellement deux tuyaux qui se réunissent.

Nous avons refoulé l'eau condensée dans la chaudière, au moyen d'un tuyau parallèle, nous sommes arrivés à avoir une circulation très active et à faire passer près de 20 % de la vapeur totale autour du cylindre.

Dans ce système, appliqué à des locomotives, en 1885, nous n'avons obtenu qu'une utilisation moyenne de 3 %, c'est-à-dire que les diagrammes ont été relevés de 3 %, et la quantité d'eau économisée a été de 5 %.

Dans les locomobiles, nous avons obtenu 5 %, la détente étant bien plus grande que dans les locomotives ordinaires.

Enfin, avec les machines de M. de Quillacq, nous avons fait des essais à l'installation municipale des bassins de la Villette, et nous avons obtenu 8 %. Ces machines, installées en 1878, ne dépensent que 1^r,030 par heure et par cheval en eau montée en employant de la houille à 6 % de cendres.

Je crois que la condensation dans les machines monocylindriques peut être considérablement atténuée au moyen du dispositif d'une pompe alimentaire à double effet, qui fait l'extraction de l'enveloppe et qui n'y laisse pas l'eau séjourner, car le plus souvent, on se contente de mettre l'enveloppe en communication avec la vapeur et il n'y a pas de circulation, l'enveloppe ne rend presque pas d'effet utile.

Maintenant, je ferai remarquer à M. Mallet, que M. Farcot faisait des machines de Woolf en 1855. La maison Farcot a toujours employé la détente variable dans ses machines Woolf; elle se servait de la détente Farcot sur le petit cylindre; par conséquent on obtenait toutes variations de détente que peut donner le système. En même temps, la maison Farcot a créé le type horizontal qui a eu une si grande réputation.

A cette époque, la maison Farcot donnait exactement les mêmes ga-

1. Cependant je dois dire que M. E. Polonceau, Ingénieur en Chef au Chemin de fer d'Orléans, vient, avec grand succès, de réaliser sur une même chaudière de locomotive deux pressions au moyen d'un détendeur spécial, celles de 10 et de 15 kilogrammes.

ranties pour les machines monocylindriques horizontales que pour les machines Woolf à balancier, par conséquent à deux cylindres. La garantie pour les forts moteurs, était d'une dépense de 1 k. 200 de houille, à 5 % de cendres, par heure et par cheval effectif, soit d'environ 10 kilogrammes de vapeur par heure et par cheval. Cette garantie était la même pour les deux systèmes.

Comme vous le voyez, depuis 35 ans, nous n'avons pas fait d'énormes progrès du côté de l'utilisation du calorique dans les machines à vapeur.

Je ferai remarquer que pour les locomotives, le plus grand avantage que présente le système compound, c'est celui de pouvoir prolonger le travail de la vapeur, car les personnes qui n'ont pas eu occasion de construire des locomotives sont disposées à croire que la distribution par la coulisse et surtout par la coulisse renversée, est une distribution barbare; il est vrai que malheureusement elle l'est un peu, mais elle est surtout mauvaise au point de vue de l'échappement et non pas au point de vue de l'introduction, parce que, si à l'introduction il y a perte de charge, il suffit d'augmenter un peu la pression pour compenser cette perte de charge. Cette augmentation de pression est tout à fait insignifiante comme dépense de calorique.

Avec l'introduction au $\frac{1}{10}$ on échappe au milieu de la course; c'est l'un des plus grands inconvénients qui empêchent d'obtenir une bonne détente dans une machine monocylindrique de locomotive.

Pour conserver à la locomotive sa simplicité, nous avons, dans ces derniers temps, fait des machines qui sont à deux, à trois et même à quatre distributeurs, mais nous étions conduits à avoir plusieurs coulisses et à avoir des complications assez grandes. A force de chercher, nous sommes arrivés à conserver à la coulisse toute sa simplicité, à n'avoir que deux poulies d'excentriques, deux barres d'excentriques, une seule coulisse et à faire l'introduction complètement indépendante de l'échappement avec quatre distributeurs grillés pour deux passages.

Dans ces conditions nous arrivons à avoir des diagrammes de locomotives aussi beaux qu'avec une machine monocylindrique Corliss ou Sulzer.

Ce qui nous fait persévérer dans l'idée que la machine à un cylindre, si on lui enlève son principal défaut d'échapper aux grandes détentes au milieu de la course, doit être suffisante, c'est que dans les machines de terre le système compound semble ne pas présenter d'intérêt. Or, la locomotive est l'appareil qui doit posséder le plus d'élasticité, attendu que cette machine-là fait le travail le plus variable. Sauf de très rares

exceptions de paliers, pour ainsi dire continus, vous voyez une machine, partant de Paris, même sur le réseau du Nord qui passe pour excessivement plat, être obligée de monter à la côte 135 pour arriver à Survilliers, redescendre ensuite à la côte 25 ou 30 à Creil et remonter à la côte 140 pour arriver à Breteuil. Une locomotive qui mène 15 ou 16 voitures, dans ces conditions, développe depuis 150 jusqu'à 600 chevaux 8 ou 10 fois en deux heures de temps ; elle fait donc un travail très variable.

Dans ces conditions, la locomotive est un appareil qui a besoin de la plus grande élasticité, dont les variations de travail sont pour ainsi dire infinies et changent brusquement à tous les instants de la marche.

Donc, si une machine de filature du système compound ne donne pas d'économie, je ne crois pas que la locomotive compound puisse en présenter beaucoup, parce qu'on a besoin de faire avec cette machine le travail le plus variable qu'on puisse imaginer.

Si, d'un autre côté, je lui enlève à grande détente l'inconvénient d'échapper au milieu de la course, je crois que la machine monocylindrique doit être préférée au système compound principalement pour les locomotives.

M. ARNOUX. — Messieurs, je ne crois pas qu'il soit possible de comparer une machine compound avec une machine monocylindrique parce que dans les deux cas la régularité n'est pas la même. S'il y a une comparaison à faire, elle doit être faite entre une machine compound et une machine bi-cylindrique.

En désignant par f l'effort exercé sur l'arbre, si vous considérez une machine compound dont les deux cylindres travaillent également, l'effort n'est plus que $\frac{f}{2}$ pour chacun des cylindres et il se produit quatre fois plus souvent que pour une machine monocylindrique ; par conséquent la régularité, pour un même volant, dans la machine compound est donc quatre fois plus grande que dans la machine monocylindrique.

C'est une question très importante parce que le précédent orateur disait que dans la marine on avait intérêt à employer la machine compound à plusieurs cylindres précisément parce que chacun des efforts exercés sur l'arbre est plus faible, ce qui peut avoir des avantages.

Par conséquent, je crois que si on veut se rendre un compte exact des avantages et peut-être des inconvénients du système compound, il faut faire la comparaison entre cette machine et une machine bi-cylindrique.

M. STAFFER. — Je vais dire, au sujet des machines marines, ce qui a fait adopter les machines à triple expansion.

Evidemment, au point de vue théorique, il n'y a pas avantage à

ajouter un troisième cylindre dans une machine. Dans ces derniers temps, on a poussé la température initiale de 160° à 180° . Une différence de 20° répartie en deux cylindres ne pouvait pas faire varier les conditions thermiques de la machine.

Il y a une autre considération ; on avait reconnu depuis longtemps, comme le dit M. Mallet, qu'il n'y avait pas avantage à augmenter le rapport des diamètres et des volumes des cylindres successifs, parce qu'il y a une chute assez considérable dans le réservoir intermédiaire. Les machines à plusieurs cylindres avec réservoirs doivent être considérées comme plusieurs machines successives ; chaque cylindre doit faire une détente propre. Eh bien, la manière de faire une détente plus grande dans un cylindre n'existe guère en pratique qu'avec un appareil de détente. Ces appareils sont abandonnés dans la marine comme dans les locomotives où il faut faire de la compression pour remplir les espaces nuisibles. Quand on fait de la compression sur de la vapeur un peu humide, on arrive très vite à soulever les plaquettes de détente par suite des coups d'eau.

Vous voyez les constructeurs anglais se jeter à corps perdu de ce moment-ci dans l'application des tiroirs cylindriques.

Dans une machine verticale, — les machines marines sont presque toutes verticales — l'eau est toujours à la partie basse ; si vous faites une compression sur l'eau, les plaquettes de détente ne sont maintenues par rien du tout ; dès qu'il y a une pression un peu considérable, elles se soulèvent ; alors vous avez une machine qui fait deux ou trois tours avec une introduction exagérée.

Il est facile de voir par l'examen du diagramme théorique d'une vapeur prise à 180 degrés, qu'on doit laisser se détendre jusqu'à 12 à 15 fois son volume primitif ; avec deux cylindres dans le rapport de 1 à 3, il faudrait une introduction du quart dans le petit cylindre, tandis que si vous prenez trois cylindres, en les mettant dans le rapport de 1 à 6 ou 1 à 7, il suffit d'introduire à la moitié dans le premier cylindre pour avoir la détente effective de 12 ou 15 fois.

En effet, la machine à triple expansion permet d'arriver à détendre 12 ou 15 fois avec une détente de moitié dans le petit cylindre.

Je crois que c'est là la véritable raison qui a fait adopter pratiquement les machines à 3 cylindres pour les hautes pressions.

Dans ces machines, ce n'est pas absolument de l'eau distillée qu'on emploie dans la chaudière ; les organes de la machine perdent toujours un peu de vapeur, qu'il faut remplacer sous forme d'eau distillée ou d'eau de mer.

Une expérience a été faite, il y a une dizaine d'années, par une Compagnie de navigation pour voir combien il faudrait fournir d'eau distillée pour compenser les pertes.

On avait trouvé, pour une machine de 1000 chevaux, 6 tonnes par jour.

Cette expérience avait été faite en évitant toute espèce de perte accidentelle provenant de négligences du mécanicien. Il suffit que des presse-étoupes soient mal entretenus pour qu'il y ait des pertes très grandes ; si le capitaine donne des coups de sifflet répétés, au bout d'une heure, il sera passé par ce tuyau une grande quantité de vapeur. Il arrive souvent aussi qu'un trou d'homme suinte, et il y a ainsi beaucoup d'eau qui se perd. Inutile de parler des soupapes, elles ne sont pas toujours étanches ; il est rare de voir un paquebot sans un panache de vapeur au-dessus des soupapes.

Ce chiffre de 6 tonnes, pour une machine de 1000 chevaux, est souvent porté au double. Il faut remplacer cela par de l'eau de mer.

Quand on a employé l'eau de mer avec les machines à triple expansion, on a remarqué que des dépôts se formaient et produisaient des corrosions. On ne s'est pas douté tout de suite pourquoi l'eau de mer, à laquelle on s'était habitué avec de faibles pressions, produisait ces résultats.

Peu de machines étaient pourvues de distillateurs, auparavant ; on faisait l'alimentation avec de l'eau de mer, et, en somme, on n'avait que très peu de sel dans la chaudière. Au contraire, quand on a commencé à marcher avec les machines à triple expansion, on a eu des corrosions fabuleuses, des accidents sur le ciel du foyer ; on a pris peur et on a dit que les machines à triple expansion ne peuvent marcher sans distillateurs. Mais il arrive que beaucoup de machines munies de distillateurs dépensent, par le fait de la distillation, plus qu'elles n'économisent par le fait de la triple expansion. Je connais un navire où l'on avait réussi à économiser 3 tonnes sur la consommation du charbon ; on dépensait 17 tonnes au lieu de 20 ; quand on a voulu se lancer dans la distillation, on est revenu au chiffre de 20 tonnes.

En face d'un nouveau problème, il faut regarder de très près. Il y a deux manières de le résoudre : ou bien chercher ce qu'il y a de mauvais dans l'eau de mer, ou chercher à distiller cette eau par des moyens économiques. Il y a encore quelques précautions à prendre pour diminuer les fuites. Inutile de dire que les machines neuves sont faites dans de meilleures conditions que les anciennes, On a fait de meilleurs presse-étoupes, on a mieux réglé l'alimentation.

Je voudrais appeler votre attention sur l'eau de mer. Je crois que ce qui est gênant dans l'eau de mer, ce n'est pas le sel marin ; il est rare qu'on le trouve dans la chaudière, c'est un sel qui ne se dépose pas ; le sulfate de chaux peut se déposer, mais ce n'est pas très gênant ; il est rare qu'il se décompose, même à 200 degrés ; le sulfate de magnésie n'est pas très gênant non plus ; mais, un sel qui se trouve dans l'eau de mer dans d'assez fortes proportions, et que je crois très dangereux, c'est le chlorure de magnésium.

Tous les traités de chimie montrent que quand on veut obtenir de l'eau distillée, il faut se défier de la décomposition du chlorure de magnésium ; il se trouve à faible dose dans l'eau douce. Quand il se trouve sec, c'est-à-dire qu'il est projeté par l'ébullition contre les parois du vase chauffé, il se décompose, même à la température de 100 degrés, en dégageant de l'acide chlorhydrique qui attaque le fer ; il se forme ainsi du chlorure de fer, mais comme ce corps n'est pas stable il se décompose, l'acide chlorhydrique est remis en liberté et continue à ronger le fer.

Je crois donc que le sel qui est en ce moment si gênant dans les chaudières, c'est le chlorure de magnésium. J'ai vu dernièrement des rapports de chimistes qui prétendent qu'à 180 degrés le chlorure de magnésium se décompose, même sous l'eau. Ce serait peut-être là l'explication des phénomènes particuliers qu'on a observés quand on est passé de la température de 160 degrés à 180 degrés, dans les chaudières des machines à triple expansion.

L'influence du chlorure de magnésium peut s'annihiler de deux manières : ou bien en traitant les eaux de mer par des épurateurs avant de les envoyer dans la chaudière ; il suffit alors d'appliquer à ces eaux le traitement employé pour les eaux douces ; ou bien en mettant un sel soluble dans la chaudière pour neutraliser l'acide chlorhydrique.

Mettre des épurateurs à bord d'un navire, ce serait faire prendre des appareils que les mécaniciens du bord ne connaissent pas.

Il suffit, à mon avis, d'introduire dans la chaudière un sel soluble qui puisse neutraliser l'acide chlorhydrique quand il se forme ; ce sel, c'est le carbonate de soude.

On a reconnu, du reste, que le carbonate de soude était presque indispensable pour tenir en suspension les huiles de graissage, qui ont une tendance à former une pâte au fond de la chaudière, tandis que les huiles minérales restent presque toujours à la surface.

M. LE PRÉSIDENT. — Connaissez-vous des expériences sur l'emploi de ces réactifs ?

M. STAPFER. — On emploie le carbonate de soude dans la Compagnie Fraissinet ; on l'a employé parce qu'on voyait des corrosions se produire ; on a reconnu que le carbonate de soude avait pour effet de maintenir les graisses au-dessus de l'eau.

M. LE PRÉSIDENT. — Cet effet du chlorure de magnésium sur les tôles est-il bien constaté ?

M. STAPFER. — Oui ; on a fait une expérience sur une chaudière ; dans un seul voyage exécuté par un bateau de la Compagnie générale il y a eu des corrosions ayant jusqu'à 6 ou 7 millimètres de profondeur.

Eh bien, en mettant dans la chaudière un peu de carbonate de soude, nous avons remarqué que ces effets ne se produisaient plus.

Le changement d'alimentation a fait du bien en ce sens que cela a empêché de projeter de l'air dans le fond de la chaudière. Beaucoup d'ingénieurs attribuaient à l'air comprimé les corrosions qui se produisaient.

Il y a eu un fait très curieux dans l'emploi du carbonate de soude ; en même temps que ce sel, on mettait du zinc dans la chaudière. Or, le zinc n'a pas été attaqué tant qu'il y a eu du carbonate de soude.

M. D'ALLEST. — Messieurs, M. Stapfer, en parlant des corrosions qui se produisent dans les chaudières marines, me fait l'honneur de citer les résultats que j'ai obtenus sur les bateaux de la Compagnie Fraissinet, avec l'emploi du carbonate de soude. Il a dit que le carbonate de soude avait complètement supprimé les corrosions. Cela n'est pas tout à fait exact.

Permettez-moi de vous donner à ce sujet quelques explications qui, je le crois, sont nécessaires. A l'origine de l'emploi des condenseurs à surface, on se servait pour le graissage des cylindres d'huiles végétales. Ces huiles, entraînées par la vapeur, formaient des acides gras qui pénétraient, en passant par le condenseur, dans la chaudière, et ces acides gras formaient à l'intérieur des tubes et de la chaudière des savons qui attaquaient le métal.

Lorsqu'on s'en est aperçu, pour saturer ces acides, on mettait dans la chaudière du carbonate de soude, du lait de chaux, avec des plaques de zinc ou tout autre métal facilement attaquable.

Finalement, on s'est décidé à remplacer le graissage à l'huile végétale par le graissage à l'huile minérale, laquelle est insaponifiable par la vapeur ; immédiatement, on a supprimé l'emploi du carbonate de soude et des autres sels qu'on mettait dans la chaudière ; mais un autre inconvénient est résulté : l'huile minérale n'est pas saponifiable, par conséquent elle ne se décomposait pas, mais elle se déposait en couches très minces sur

le foyer et causait des accidents. Une couche de 1/10 de millimètre d'épaisseur intercepte la chaleur plus facilement qu'une couche de sel de 2 centimètres. Dans ces conditions, même avec une chaudière à moyenne pression, la tôle rougit rapidement, et un affaissement du ciel du foyer se produit.

En mer, malheureusement, ces accidents ne peuvent pas toujours se constater, parce que beaucoup de bateaux sont partis du port et n'y sont jamais rentrés ; c'est peut-être à une explosion de chaudière qu'ils ont, dû leur perte ; mais enfin quelques-uns sont rentrés avec des ciels de foyer descendus jusque sur la grille : dans d'autres cas, les ciels de foyer ont crevé, il y a eu mort d'hommes, etc.

C'est un genre d'accident que ne connaissent pas les associations d'appareils à vapeur, parce que ces associations ont rarement à se trouver en présence de machines à condensation par surface.

Cependant, comme ces machines commencent à être employées à terre, je suis persuadé que d'ici peu de temps, les directeurs des associations dans les ports de mer auront à constater sinon des accidents semblables, s'ils peuvent les arrêter à temps, du moins des phénomènes de cette nature.

Eh bien, pour empêcher les dépôts de ces huiles minérales sur le foyer, j'ai eu l'occasion de modifier les conditions de l'alimentation et d'employer du carbonate de soude à haute dose. Au lieu d'envoyer l'alimentation dans le bas de la chaudière, on l'envoie à la surface d'évaporation ; alors, si on introduit dans le condenseur du carbonate de soude ou un autre désincrustant à base de carbonate de soude, il se produit une émulsion de carbonate de soude et d'huile minérale ; celle-ci reste à l'état d'émulsion à la surface de l'eau. Si on a la précaution de faire une extraction de surface, c'est-à-dire de recueillir cette émulsion et de la rejeter au dehors, il n'y a pas de dépôt dans la chaudière qui est ainsi à peu près à l'abri de cet inconvénient que je signalais tout à l'heure.

Voilà ce qui se passe dans notre Compagnie, et c'est probablement le fait qu'a voulu citer M. Stapfer.

Le carbonate de soude n'a pas pour effet d'éviter les corrosions. Je vous ai donné les raisons pour lesquelles, dans la Compagnie Fraissinet, nous employons le carbonate de soude ; c'est pour empêcher les huiles minérales de se déposer sur le ciel du foyer.

Malgré les huiles minérales, les corrosions continuent à se produire, elles n'étaient donc pas dues exclusivement à la décomposition des huiles végétales. A ce sujet, je suis de l'avis de M. Stapfer, je crois qu'elles

proviennent de la décomposition du chlorure de magnésium. Le fait n'est pas extraordinaire ; c'est je crois, M. Cahours qui a dit que dans la distillation de l'eau, même de l'eau pure, dans les derniers moments de l'opération on trouve des traces d'acide chlorhydrique qui est dû à la décomposition du chlorure de magnésium qui se trouve dans l'eau ; à plus forte raison, quand il s'agit de l'eau de mer qui contient du chlorure de magnésium en quantité, peut-il y avoir décomposition de ce corps et formation d'acide chlorhydrique.

Pourquoi cet acide n'est-il pas saturé par le carbonate de soude, je n'en sais rien, mais j'ai constaté que malgré l'emploi du carbonate de soude, les corrosions continuent à se produire.

M. ROY. — Je ferai une demande au Congrès au sujet de la manière d'indiquer les nouvelles machines ; c'est le mot *compound* qu'on emploie ; or, ce mot n'a aucune signification au point de vue de la manière dont fonctionne la machine. Je voudrais qu'on désignât les machines par *simple expansion* pour les machines dans lesquelles la vapeur se détend dans un seul cylindre, *double expansion* pour celles à détente dans deux cylindres, *triple expansion* pour celles à détente dans trois cylindres. Comme français et correction de langage, je préférerais beaucoup ces expressions.

On a parlé de l'application aux locomotives du système de double expansion ; eh bien, il y a eu des expériences très sérieuses là-dessus. En Russie, M. Borodine a fait des expériences sur une disposition à double expansion sans augmenter le nombre des cylindres, en faisant travailler la vapeur dans le cylindre de droite, par exemple, pour l'envoyer travailler en se détendant dans le cylindre de gauche. Ces expériences ont été faites avec beaucoup de soin, d'abord sur des machines fixes et ensuite sur des locomotives en marche ; on a même fait l'expérience avec et sans réchauffage de la vapeur. Dans les ateliers, l'emploi de la chemise, de l'enveloppe de vapeur, a donné des avantages ; le réchauffage de la vapeur à l'état de détente reproduisait une vaporisation qui donnait un effet utile ; mais en service de marche, l'avantage de la chemise de vapeur a pour ainsi dire été nul. Maintenant, au point de vue du combustible, l'économie a varié de 10 à 11.5 %, comparé aux locomotives ordinaires. Mais il ne faudrait pas croire que l'emploi de la double expansion dans ces conditions-là donne une plus grande détente ; en résumé, les détentes maxima auxquelles les machines de la Russie ont marché ont été de 5 ; eh bien, dans les machines ordinaires, on obtient couramment 3 et 3,5 ; ainsi, avec l'angle de calage de 35 degrés et l'admission dans les machines ordinaires avec la coulisse, on arrive très bien à une détente de 3,5 malgré l'échappement anticipé.

Ce qui explique un peu pourquoi les machines à double expansion ne présentent pas des avantages aussi considérables que ceux auxquels on aurait pu s'attendre, c'est que la différence d'utilisation de la vapeur par sa détente n'est pas considérable.

Au chemin de fer du Nord, on a fait des expériences très suivies, très complètes, non plus sur une machine n'ayant que deux cylindres, mais on a fait de la double expansion en ayant quatre cylindres, deux à droite et deux à gauche. Eh bien, dans ces locomotives également, la détente ne dépasse pas 4,5 ou 5.

Eh bien, si j'en reviens à cette même disposition de la distribution ordinaire et monocylindrique, je vois qu'on peut obtenir 3,5 avec cette distribution ordinaire, avec des avances à l'échappement.

Au point de vue de l'utilisation de la détente, on voit que par rapport à la machine ordinaire, la machine à double expansion, avec un ou deux cylindres de chaque côté, ne présente pas un grand avantage.

J'ajouterai même que M. Borodine, dans les conclusions de son rapport, fait cette observation qu'il est très difficile et pour ainsi dire impossible d'établir les introductions entre le grand cylindre et le petit cylindre dans un rapport tel que les travaux de chacun des cylindres soient à peu près égaux. C'est là un désavantage marqué au point de vue des efforts à droite qui ne sont pas les mêmes que ceux à gauche. Dans les machines à quatre cylindres, cette observation ne s'applique pas.

Dans les machines du Nord, les conclusions finales des résultats économiques sont celles-ci : c'est que par rapport aux bonnes machines ordinaires, dans les machines à grande vitesse, l'économie de combustible est de 0 fr. 75 par 100 kilomètres, mais le supplément de dépense de graissage est de 0 fr. 45, de sorte que vous voyez qu'il reste 0 fr. 30 de bénéfice sur 100 kilomètres ; eh bien, ce n'est pas grand'chose, et si on considère le plus grand nombre de pièces de la machine et les difficultés d'entretien, on arriverait plutôt à un déficit.

Il y a un phénomène assez remarquable, c'est que dans les expériences faites et publiées même, j'ai vu des diagrammes pris dans des conditions très soignées ; j'ai cherché à me rendre compte sur ces diagrammes de la force élastique de la vapeur à la fin de la détente dans le grand cylindre. La force élastique à la fin de la détente était de 1 kilogramme. Comme on avait admis de la vapeur à 10,5 dans le petit cylindre, cette vapeur aurait dû avoir encore environ 2 k. 50 ; elle n'avait plus que 1 kilogramme, force élastique nécessaire au point de vue de la simple expansion.

Je ne crois pas que les pertes de force élastique de la vapeur qui peu-

vent résulter du refroidissement des surfaces dans la machine à simple expansion, soient bien considérables. J'ai fait relever des diagrammes sur une machine très puissante — 200 chevaux — où l'on faisait l'admission au $\frac{1}{10}$, au $\frac{1}{8}$ dans un seul cylindre ; la perte de force élastique de la vapeur n'était pas tout à fait de 1 kilogramme et cependant il y avait là des refroidissements beaucoup plus considérables que dans la machine à double expansion où la détente ne dépasse pas 4 fois et 4 fois $1\frac{1}{2}$ le volume primitif de vapeur admis.

Par conséquent, je crois que c'est dans une grande détente qu'il faut chercher une bonne utilisation de la vapeur, pas trop grande cependant, parce qu'on tombe dans l'excès contraire et on a des effets excessivement petits qui conduisent à des volumes de cylindres trop considérables ; mais enfin je crois que c'est dans les limites de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{6}$ qu'on doit chercher l'utilisation de la puissance, quand même on n'aurait pas de condensation.

M. LE PRÉSIDENT. — C'est au sujet des machines à quatre cylindres du Nord que vous parlez ; mais je crois que mettre quatre cylindres, c'est une difficulté pratique considérable.

M. CASALONGA ne pense pas, vu l'heure avancée, qu'il soit possible de continuer la discussion.

Il se bornera à faire remarquer que dans les comparaisons que l'on fait entre les machines à simple expansion et celles à expansions multiples, il faut supposer que l'on est dans des conditions égales et distinguer ensuite le rendement physique du rendement organique.

Il fera abstraction de ce dernier rendement qui dépend, même dans les machines similaires, des dispositions et de la perfection du mécanisme ; et, considérant seulement le rendement physique, il pense que, dans une machine à double expansion (et davantage dans le cas de multiples expansions), ce rendement est supérieur à celui que peut donner une machine monocylindre, toutes choses égales.

Dans les machines à deux expansions ou plus, il y a, d'après les principes mêmes de la thermodynamique, une plus grande quantité de chaleur transformée en travail ; ce qu'il a appelé le déchet du diagramme, dans une précédente séance, se rapporte en partie à ce fait.

Le diagramme ne peut pas être considéré comme un moyen de comparaison exact entre deux machines si l'on ne tient pas compte des conditions suivant lesquelles il s'accomplit.

Il lui suffira de rappeler l'évolution qui s'accomplit dans l'appareil de Joule pour montrer que la détente, sous cette forme et dans ces con-

ditions, donne un diagramme parfait, conforme à la loi de Mariotte, et cependant le travail est nul.

M. JOUVET. — Messieurs, on a parlé beaucoup de comparaison entre la machine à un cylindre et la machine compound. Il y a longtemps que la question a été tranchée.

On a beaucoup parlé aussi des expériences intéressantes qui ont été faites en Alsace et dans lesquelles on a vu que la machine à deux cylindres ne présente qu'un avantage de 3 %. C'est possible, mais il faudrait savoir comment les machines sont faites ; d'un autre côté, la machine à un cylindre a dû être mise en bon état ; ce qu'on ne nous dit pas, c'est que la machine à un cylindre ne conserve pas cet état ; il y a de très grandes pertes dans le piston et des consommations bien plus exagérées dans la machine à un cylindre que dans celle à deux cylindres.

D'ailleurs, quelle a été la caractéristique de l'exposition d'Anvers : c'est le triomphe de la machine à deux cylindres. Triomphe proclamé par les principaux industriels qui avaient construit et préconisé jusque là les machines à un seul cylindre des types les plus renommés.

Voici une expérience qui a aujourd'hui 30 ans ; cette expérience, faite à Rouen en 1859, a été conduite par M. Pouyer-Quertier :

Il y avait deux machines ; une très bien construite, de la maison Cail, machine horizontale qui était alimentée par une chaudière de 43 mètres carrés de surface de chauffe, genre locomotive ; à l'autre extrémité de la galerie il y avait une machine de Scott à balancier dans laquelle il y avait détente dans le petit cylindre ; cette machine était alimentée par une chaudière également du genre locomotive, mais ayant seulement 33 mètres carrés de surface de chauffe. Les deux machines, nominalement, étaient de la même puissance : 25 chevaux.

M. Houel surveillait son expérience.

On comptait toujours brûler 1 kilogramme, parce que depuis longtemps on prétendait qu'il y avait des machines à un cylindre qui ne dépensaient que 1 kilogramme.

Eh bien, on a brûlé, en faisant 33 chevaux au frein, 1^k,570 de charbon de Charleroi de 1^{re} qualité. M. Houel demanda de recommencer l'expérience en ne produisant que 25 chevaux ; pour produire ces 25 chevaux on a consommé 1^k,419 de charbon.

Maintenant quelle est la consommation de la machine de Scott ? Pour cette machine, on a obtenu 42^{ch. v.},40 et on a consommé 1^k,117 de charbon, chaque essai a duré 8 heures.

Par conséquent les machines à un cylindre ont été absolument con-

damnées à ce moment-là, et, dans toute la région de Rouen, on n'en a pas acheté.

Eh bien, disait-on, la machine de Pont-de-Cé ne consomme cependant que 1 kilogramme.

Quelque temps après a paru l'ouvrage de M. Morin sur les machines à élever les eaux ; cet ouvrage donnait les résultats de la machine de Pont-de-Cé : ce n'était pas 1 kilogramme qu'elle consommait, mais 1^k,350, et pour arriver à ce résultat, on déduisait les cendres et les escarbilles.

Ce mode de faire n'étant pas habituel, fut confirmé à ce moment, à Benjamin Normand, qui, pour dissiper tout malentendu, fit mettre en vedette, dans les prix courant de ses diverses machines à vapeur à double détente (complètes avec chaudières), que les consommations qu'il garantissait, étaient toujours réalisées pratiquement, *sans déduire les cendres et les escarbilles* ; or à partir de la distribution de ce prix courant, qui a été faite sur une grande échelle, je n'ai pas eu connaissance que, pendant une dizaine d'années, les quelques constructeurs qui avaient prétendu arriver à 1 kilogramme par cheval, au frein, dans une machine à vapeur à un cylindre, aient cru même devoir garantir, ferme, une consommation de 1^k,500 : On promettait cette consommation, mais on ne la garantissait pas.

Depuis, j'ai eu l'occasion de constater la consommation de machines Corliss. Ainsi en 1878, il y avait une machine très belle de la maison Sulzer frères. L'industriel qui la possède, à Paris, ne voulait pas m'en dire la consommation ; j'ai pu l'obtenir, par déduction, en lui demandant la puissance maximum, la consommation minimum ; j'ai ainsi obtenu 1^k,55.

Il y a deux ans, j'étais à Rouen chez un de mes amis qui construit des machines Corliss, il me montra les diagrammes de ces machines et naturellement il me dit qu'elles consommaient très peu. En examinant ses diagrammes, j'ai obtenu, par le calcul, une consommation de 1^k,65 au minimum, avec un rendement de puissance de 0,90.

Voilà, Messieurs, des résultats de machines en service.

Que les expériences de Mulhouse n'aient donné que 3 %, c'est possible, mais dans la pratique, vous pouvez être sûrs qu'il y a plus que cela.

A propos des machines marines, il est évident que lorsqu'on emploie des machines à double détente, avec condenseur à surface, on est obligé de réparer les pertes dues aux fuites. Depuis quelques années plusieurs personnes ont imaginé des appareils distillatoires ; on avait commencé par là il y a 30 ans, mais c'était assez coûteux. Benjamin Normand a eu l'idée en 1861 de construire des machines marines dans

lesquelles la chaleur dépensée pour vaporiser l'eau était utilisée dans la machine ; il y avait deux chaudières, la vapeur sortant d'un premier cylindre était envoyée dans une chaudière à moyenne pression avant d'être dirigée vers le second cylindre.

Une machine de ce genre existait sur l'*Albert*, de Dunkerque. Ce bateau a navigué, avec la même chaudière à haute pression, pendant 14 ans.

Quand on a ouvert la chaudière, on a remarqué qu'elle n'était pas du tout détériorée à l'intérieur, et ses bouchons n'avaient jamais été ouverts pendant ces 14 ans. L'emploi de ce mode de fonctionnement est par suite à recommander.

M. MALLET. — Je veux faire une simple remarque qui me semble avoir sa valeur : vous aviez en 1867 et en 1878 des maisons comme Sulzer, et surtout comme la Société alsacienne de Construction de Machines et bien d'autres qui exposaient des machines à un seul cylindre. Qu'est-ce qu'elles exposent cette année ? Des machines compound.

Elles ont probablement de bonnes raisons pour cela.

A propos des locomotives, hier, au Congrès des Chemins de fer, on a discuté la question des machines ordinaires et des machines compound ; les adversaires des machines compound les attaquaient avec des raisonnements, leurs partisans, ceux qui s'en servaient, les défendaient avec des faits tirés de leur expérience.

Quant au Chemin de fer du Nord, voici sa déclaration : Nous sommes le réseau qui a le charbon à meilleur marché, en France ; nous faisons des machines compound parce c'est le seul moyen que nous avons d'augmenter la puissance des locomotives.

M. ROY. — Je me suis borné à citer des chiffres pris dans des publications existantes.

La séance est levée à midi et demi.

VI. — Séance du 20 Septembre 1890

PRÉSIDENCE DE M. E. PHILLIPS

Le procès-verbal de la séance du 19 septembre est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Polonceau pour sa conférence sur les progrès réalisés dans les machines à vapeur, depuis 1878 (1).

M. POLONCEAU fait remarquer, tout d'abord, que la machine à vapeur se caractérisait à l'Exposition universelle de 1878 par un nombre assez considérable de machines à quatre distributeurs, et qu'il n'y avait que peu de machines compound.

La vitesse de marche de ces machines tendait à devenir plus grande que dans les installations précédentes, mais n'atteignait pas encore des nombres aussi considérables que ceux représentant les vitesses des machines de l'Exposition de 1889.

Il décrit quelques types des machines de l'Exposition de 1878 pour pouvoir les comparer plus sûrement aux types plus récents.

M. Polonceau indique que l'on a cherché à réaliser dans les machines exposées maintenant :

1° Une rotation plus rapide pour répondre aux besoins des usines productrices d'électricité ;

2° Une production du cheval-vapeur au plus bas prix possible ;

3° Un volume restreint en même temps qu'un plus faible poids.

En ce qui concerne le premier point, M. Polonceau cite certaines machines puissantes tournant à raison de 150, 200, 300 tours par minute, et des machines de 30 à 40 chevaux atteignant 400 et 500 tours.

Ces grandes vitesses conduisent à l'emploi de modérateurs spéciaux, et M. Polonceau décrit les dispositions de M. Armington et de MM. Leconteux et Garnier concernant des modérateurs à force centrifuge disposés dans le volant même de la machine.

En ce qui concerne la vitesse donnée aux pistons, la vitesse classique de 1^m,50 à 2 mètres est largement dépassée. On atteint maintenant 3 et même 4 mètres par seconde. Les machines des torpilleurs ont des pistons se déplaçant à raison de 5 à 6 mètres.

Les neuf dixièmes des machines exposées sont du système compound.

M. Polonceau décrit rapidement chacun de ces types, en donnant les principales dimensions de chacun d'eux et les résultats que l'on peut atteindre au point de vue de la consommation.

1. La conférence de M. Polonceau est publiée *in extenso*, tome 2.

Il passe ensuite à l'étude des machines marines.

Dans ces dernières, on remarque l'emploi de la triple expansion, et M. Polonceau passe en revue les principaux types de ces machines.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Polonceau d'avoir bien voulu communiquer au Congrès ce travail très complet sur les différents types de machines à vapeur. Il regrette de ne pas y trouver, sous la même forme, une description des nouveaux types de locomotives.

Sur la demande de M. de Quillacq, M. le Président ajoute que ce travail sera imprimé.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Olry pour sa conférence sur les progrès réalisés dans les appareils à produire la vapeur et, en particulier, sur les chaudières à petits éléments (1).

M. OLRY fait remarquer que l'expérience et la théorie ont démontré qu'il était avantageux, au point de vue de la consommation de combustible, d'employer la vapeur à haute pression.

Cet emploi de vapeur à 10, 12, 15 kilogrammes par centimètre carré, et quelquefois plus, a nécessité la création de nouveaux types de chaudières dites à petits éléments pour remplacer les chaudières à bouilleurs ou à réchauffeurs, ainsi que les volumineuses chaudières à foyers intérieurs dites de Cornouailles.

L'emploi de ces anciens types de chaudières aurait nécessité des épaisseurs de tôle très considérables, la transmission de la chaleur s'y serait faite difficilement et les avaries occasionnées par l'inégalité des températures auraient été nombreuses.

L'adoption des chaudières à petits éléments, composées de tubes de 7 à 12 centimètres de diamètre, réduit de beaucoup le volume d'eau contenu dans l'appareil. Les explosions y sont moins à craindre et ne produiraient plus ces effets instantanés que l'on observe dans les générateurs à grand volume d'eau.

Des règlements spéciaux ont été appliqués à ce genre d'appareils, en Allemagne et en Alsace-Lorraine; ils facilitent leur installation. En France, aucune disposition générale n'a été prévue en leur faveur; mais il est dans les habitudes administratives de dispenser des conditions d'emplacement réglementaires, par mesures individuelles, ceux dans lesquels le faible volume et la grande division de l'eau donnent toute garantie pour la sécurité du voisinage.

M. OLRY fait remarquer qu'à côté de ces avantages, il est nécessaire de signaler un inconvénient résultant de la diminution du volume d'eau.

Le maintien de la pression et du niveau d'eau est plus difficile et il est bon d'avoir recours, comme dans les chaudières Belleville, à des appareils

1 La conférence de M. Olry est publiée *in extenso* dans le tome 3

automatiques réglant l'alimentation à l'aide d'un flotteur et la pression au moyen d'un appareil à ressort agissant sur le registre de la cheminée.

Pour éviter l'inconvénient résultant du faible volume de l'eau, certains types de chaudières à petits éléments possèdent un réservoir surmontant les tubes alors complètement remplis de liquide, le niveau de celui-ci étant maintenu dans ce réservoir.

L'Administration s'est toujours montrée plus réservée, en matière de tolérance d'emplacement, à l'égard de cette dernière classe de générateurs à petits éléments.

M. Olry passe ensuite à la description de différents types de ces chaudières :

Comme chaudières à serpentins on ne rencontre, en France, que la chaudière Belleville. Dans ce système, une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager.

Dans les autres appareils chaque tube forme une véritable chaudière. On peut les diviser en deux grandes classes :

1° Ceux dans lesquels l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur se font aux deux extrémités des tubes ;

2° Ceux dans lesquels cette arrivée et ce dégagement n'ont lieu que d'un seul côté.

M. Olry distingue encore dans la première catégorie :

Les chaudières divisées, par des plans verticaux, en éléments dont les tubes sont reliés, de proche en proche, par des communications ;

Telles sont les chaudières Root, de Naeyer, Lagosse et Bouché, Charles et Babillot ;

Les chaudières formées d'éléments de tubes assemblés des deux côtés par des collecteurs verticaux ou inclinés ; les chaudières Babcock et Wilcox, Roser, Maniguet, Montupet, appartiennent à ce groupe ;

Les chaudières composées d'un faisceau de tubes débouchant à chaque extrémité dans un collecteur unique constitué par une caisse en tôle entretoisée formant lame d'eau. Telles sont les chaudières Oriolle, Mathot, Hanrez, Lagrafel et d'Allest.

Enfin, dans la deuxième catégorie, on peut distinguer d'abord les générateurs qui reposent sur l'emploi du tube Field à circulation d'eau, couché dans une position à peu près horizontale. Les chaudières Collet, Bouron, Dubuc et Bourgois appartiennent à cette subdivision. Viennent ensuite des générateurs des systèmes variés, tels que la chaudière Terme et Deharbe, et celle de MM. Bourgois et Lencauchez. Quelques types présentent des tubes à retour de flamme.

M. Olry indique ensuite les conditions que doit remplir un bon système de chaudière à petits éléments.

Il examine successivement les points suivants :

Sécurité, économie de combustible, économie de poids, économie d'emplacement, facilité de montage, facilité de conduite, facilité des nettoyages, économie dans l'entretien et facilité des réparations, production de vapeur sèche, régularité de marche, rapidité de mise en pression et économie dans le prix de premier établissement.

Il examine successivement par quels moyens et dans quelle mesure ces divers résultats sont obtenus dans la pratique, et résume ainsi sa communication :

Les générateurs à tubes d'eau, quand ils sont bien conçus et bien construits, possèdent une supériorité incontestable au point de vue de la sécurité, de l'économie de combustible, de l'économie de poids et d'emplacement, de la facilité de montage et de la rapidité de mise en pression.

Ils se prêtent parfaitement à l'emploi des hautes pressions et peuvent être disposés de manière à produire de la vapeur bien sèche ; leur prix de premier établissement n'est pas excessif ; il est en général assez facile de les entretenir et de les réparer.

Dans la marine, spécialement dans la marine militaire, les qualités de ces appareils sont particulièrement précieuses.

M. Olry termine en donnant une statistique des accidents survenus dans l'emploi des chaudières à petits éléments :

De 1870 à 1875, aucun accident ne s'est produit.

De 1876 à 1888, leur nombre a été de quatorze, dont deux en 1886 et cinq en 1887.

Le nombre des accidents croît naturellement avec celui des appareils en activité, et c'est surtout pour cette raison que ce nombre a été plus grand en 1887.

Des renseignements plus récents et non encore publiés permettent de compter qu'il se produit annuellement en France trois ou quatre accidents de générateurs multitubulaires. On est amené à conclure de là que ces chaudières sont plus sujettes que d'autres à des accidents, chacun d'eux étant toutefois d'importance moindre que dans le cas des autres générateurs.

M. Olry demande à dire encore quelques mots d'un nouveau générateur, la chaudière Serpollet, qu'il considère comme le générateur inexplosif par excellence.

Il en donne une description sommaire et ajoute que sa consommation

en combustible est assez considérable; l'inventeur évalue cette consommation à environ 4 kilogrammes par cheval et par heure.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Olry de sa très intéressante communication. Il prévient MM. les Présidents et Secrétaires des sections qu'ils doivent, dans la séance de clôture du Congrès, c'est-à-dire dans la séance de demain samedi, présenter le résumé des travaux des sections.

M. LE SECRÉTAIRE prévient que le Bureau a reçu de nombreux exemplaires d'un rapport sur les progrès des associations des propriétaires d'appareils à vapeur, préparé par M. le Directeur de la Société pour la surveillance et assurance des chaudières de Vienne.

Les exemplaires sont à la disposition des membres du Congrès.

La séance est levée à midi et demi.

VII. Séance du 21 septembre 1889.

PRÉSIDENT DE M. PHILLIPS

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 20 septembre.

M. Richard demande la parole.

M. RICHARD. — Je vous demanderai la permission, Messieurs, de vous donner un renseignement complémentaire sur une partie de la très intéressante observation qui a été présentée par M. d'Allest, au sujet de l'inconvénient qu'entraînent les traces, même infinitésimales, d'huiles minérales dans les chaudières. On est venu à parler de cette question dans la 3^e section, et j'ai eu l'occasion de signaler les mauvais effets des huiles *végétales* introduites dans les chaudières à vapeur. J'ai rappelé à ce sujet une expérience très curieuse et dont la description a beaucoup frappé les personnes qui me prêtaient leur bienveillante attention. J'en iconclu que cette expérience n'était pas aussi connue qu'elle devait l'être.

Elle est très simple, chacun peut la répéter. Vous prenez tout simplement une casserole, vous la remplissez d'eau et vous faites bouillir cette eau le plus vivement possible, en la soumettant à la flamme la plus ardente. La casserole se comporte parfaitement bien, elle ne subit aucune altération. Vous videz l'eau, vous nettoyez bien la casserole et, avec un pinceau, vous déposez une couche d'huile végétale à l'intérieur de la casserole: vous mettez de l'eau et vous chauffez comme précédemment.

Cinq ou dix minutes après, suivant l'intensité de la flamme, vous voyez que le fond de la casserole est porté au rouge blanc.

Cette expérience met absolument hors de doute le rôle excessivement dangereux, non-seulement de l'huile végétale, mais d'une quantité infinitésimale de cette huile.

Cette expérience est due à M. Hirsch. Vous la trouverez détaillée dans un mémoire extrêmement important qui a été publié dans les premiers numéros de la nouvelle série des *Annales du Conservatoire*.

En vous citant cette expérience, je n'ai pas eu pour objet de vous apprendre ce que vous savez tous : le danger que présente l'huile végétale aussi bien que de l'huile minérale, mais d'attirer votre attention sur ce très remarquable mémoire, que tous les propriétaires de chaudières à vapeur devraient consulter, et de vous mettre à même de répéter, devant les mécaniciens et les chauffeurs qui sont sous vos ordres, cette expérience qui les frappera plus que bien des raisonnements.

M. PHILLIPS. — Je connaissais déjà l'expérience de M. Hirsch et son important travail sur les causes des accidents de chaudières. Je ne puis donc que vous recommander la lecture de ce mémoire.

Le procès-verbal de la séance du 20 septembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Haton de la Goupillière, président de la première section, à donner connaissance du résumé des travaux de cette section.

M. HATON passe en revue, en ces termes, les différentes communications faites à la première section, qui a consacré cinq séances à l'examen de ces divers travaux et aux discussions auxquelles ils ont donné lieu :

Dans notre première séance, M. Gottschalk a pris la peine de nous présenter le résumé d'un travail très important de M. Dwelshauvers-Déry sur les moyens d'économiser la vapeur dans les machines à un seul cylindre. Le savant professeur de Liège était absent, en effet, et m'avait écrit une lettre par laquelle il me charge d'exprimer au Congrès tous ses regrets de ne pouvoir prendre part à ses délibérations. La grande fatigue qu'il a éprouvée à la suite des opérations du jury des récompenses l'oblige à prendre quelque repos en Belgique.

M. Dwelshauvers-Déry s'attache à poser ce principe que le maximum d'économie est obtenu lorsque la vapeur, à la fin de la détente, est sèche et saturée ou légèrement surchauffée. Dans ce cas, l'action malfaisante des parois pendant l'échappement se trouve réduite à un minimum.

L'auteur s'appuie sur les expériences de M. Hirn, relatives à la vapeur surchauffée, celles de M. Donkin sur le chauffage des enveloppes avec des flammes de gaz, et celles de M. Willans sur les grandes vitesses de marche, pour rechercher quelle est la température à entretenir dans l'enveloppe, en vue d'atteindre le point précis qui vient d'être défini, et quel est, en outre, le moyen pratique qui procurera le plus convenable-

ment cette température. Il arrive à montrer que, quel que soit le procédé employé pour diminuer l'influence nuisible des parois, la chaleur transmise par l'enveloppe ne se transforme pas intégralement en travail. Les quatre cinquièmes sont perdus avec la vapeur d'échappement. Ce chiffre ne doit cependant pas décourager lorsqu'on réfléchit que, dans l'ensemble de l'opération, ce n'est même pas le dixième de la chaleur théorique que l'on peut recueillir.

M. Dwelshauvers rappelle que trois facteurs principaux concourent à la meilleure utilisation, savoir : l'enveloppe dont il vient d'être question, la surchauffe, la vitesse. Cette dernière présente une grande importance quand on peut la réaliser ; mais c'est affaire de construction pour des machines dans lesquelles on a spécialement en vue cette caractéristique. Un moteur établi pour des vitesses plus ordinaires ne saurait être surmené.

C'est, en définitive, la surchauffe que l'auteur considère comme le plus généralement applicable dans cet ordre d'idées. Il invoque, à l'appui de son dire, l'exemple de la machine du *Logelbach* qui fonctionne à vapeur surchauffée depuis plus de trente ans, avec une consommation par cheval-heure absolu de 6 kilogr. 618 de vapeur.

En raison du grand intérêt que présente le travail de M. Dwelshauvers-Déry, la section a émis à l'unanimité le vœu que ce mémoire soit imprimé, à moins que la question des finances du Congrès n'y mette un obstacle absolu.

Une discussion très développée s'est engagée à son sujet entre MM. Bonjour, Boulvin, Haton, Juvet, Mallet, Polonceau, Roland et Stapfer ; le premier appuie énergiquement sur l'importance de réchauffer les parois de manière à réaliser avec une admission plus faible un effort égal à égalité de pression finale.

En ce qui concerne la surchauffe, on a rappelé que le type du *Logelbach* ne s'était pas répandu ; que la marine, après des essais prolongés (parmi lesquels on a cité ceux de Benjamin Normand sur l'*Alcide*, et ceux du *Furet* qui avaient procuré une économie de 17 %), a dû cependant, en général, renoncer à la surchauffe, en raison des grippements auxquels expose cette influence, lorsqu'on sort des basses pressions. Son emploi se poursuit cependant sur les locomotives, où l'on possède au besoin la ressource d'humecter les surfaces grippantes à l'aide du tube d'inversion. On peut espérer que les progrès généraux de la construction, et particulièrement ceux qui ont été réalisés à un haut degré pour le graissage pourront améliorer les conditions d'application dans cette voie, qui est loin d'avoir été parcourue jusqu'au bout.

Au cours de cette discussion, l'attention de la section a été appelée

sur ce point: que la réalisation de la surchauffe comporte deux modes distincts.

Le plus direct est l'introduction d'un réchauffeur spécial. Mais il existe également la méthode indirecte de l'emploi d'un détendeur sans travail extérieur. Il y a même lieu de distinguer dans ce mode les deux cas d'un détendeur spécial placé en un point quelconque de la conduite, ou bien de l'étranglement aux lumières. L'utilité de ce dernier procédé est cependant contestée par un membre. Quant au premier, on rappelle qu'il n'y a pas lieu de conserver l'ancien effroi qu'inspirait autrefois l'étranglement, pourvu que cette influence n'excède pas des limites modérées, car on ne saurait à cet égard poser un principe absolu. Sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans, on met en pratique un moyen de conciliation entre la haute pression de la chaudière et les ménagements dus au fonctionnement dans le cylindre, en produisant de la vapeur à 15 kilogrammes par centimètre carré et disposant un détendeur qui la ramène à 11 ou 12 kilogrammes à l'entrée dans le cylindre.

Je rappellerai encore, à l'occasion de cette discussion, que M. Roland a signalé, à l'attention de la section, l'importance qui s'attache, de plus en plus, à ce que les expérimentateurs n'oublient dans leurs mesures aucune sorte de consommation, et surtout qu'ils aient le soin de décrire minutieusement les bases de la comptabilité qu'ils en tiennent. L'honorable membre rappelle notamment qu'il est à sa connaissance que dans certains essais on a omis, par exemple, de faire entrer en ligne de compte la consommation de la chemise de vapeur, lorsque l'eau en est refoulee au générateur, au lieu d'être rejetée au dehors.

Nous avons eu en second lieu, une très intéressante communication de M. Dubost sur sa méthode de construction d'une épure rigoureusement exacte pour la distribution par tiroir unique, lorsque l'on tient compte de l'obliquité des bielles.

Après avoir fait une simple mention des méthodes graphiques ordinairement enseignées en ce qui concerne les bielles infinies, telles que les diagrammes de Zeuner, de Deprez, de Reuleaux, M. Dubost a commencé par rappeler la méthode de M. Claeys, qui tient compte au contraire de l'obliquité de ces organes, mais qui n'est pas réversible, en ce que, si elle donne l'extrémité de la bielle d'après la position de la manivelle, l'inverse ne saurait être obtenu.

Par une analyse mathématique très élégante, l'auteur arrive à établir le théorème suivant: Pour une bielle de longueur L , commandée par une manivelle de rayon R , les positions réciproques de l'extrémité de la bielle et de la projection du tourillon sur la direction du mouvement sont données, à la longueur près de la bielle, par la perspective, sur un

diamètre, d'une demi-corde parallèle égale à $\frac{R^2}{L}$, le point de vue se déplaçant sur la circonférence.

Il applique cette propriété à l'épure construite en coordonnées rectangulaires, qu'il considère comme préférables aux coordonnées polaires de Zeuner, en raison de l'incertitude qu'apporterait l'intersection des lignes menées sous de très petits angles ; attendu que le recouvrement intérieur reste toujours renfermé dans des limites très étroites.

A l'occasion de cette communication, M. Bonjour a rappelé le tracé de MM. Coste et Maniquet, qui tient également compte de l'obliquité des bielles, et qui est, suivant lui, d'une grande rapidité d'application.

En rendant hommage à la grande valeur de l'ouvrage de MM. Coste et Maniquet, M. Dubost a tenu à faire des réserves sur ce procédé, qui nécessite l'emploi de gabarits en papier présentant un profil circulaire de rayon égal à celui de la bielle.

M. de Quillacq a fait connaître la nouvelle disposition de la machine Wheelock, type 1885, qu'il construit à Anzin. Les anciens obturateurs, pour lesquels on avait de la peine à obtenir l'étanchéité sans s'exposer à des frottements d'une certaine dureté, ont été remplacés par des tiroirs à grille. La multiplicité des lumières fournit un grand débouché dès le plus petit mouvement des distributeurs. On arrive ainsi à allier une grande douceur à une vitesse notable. Le système obéit bien au régulateur. L'espace nuisible est réduit à 1,5 p. 100. Ce moteur peut atteindre une allure de 100 à 120 tours par minute. M. de Quillacq attache beaucoup d'importance à la facilité avec laquelle on peut, assez rapidement, enlever les tiroirs et les glaces de leur logement, et les remplacer par un système égal tenu en réserve, pour réparer le premier, s'il y a lieu.

Il saisit en même temps cette occasion pour rappeler que, dès 1885, il avait construit et fait breveter une machine à dé clic dont il dépose les photographies sur le bureau, et qui ne présente que deux distributeurs au lieu de quatre.

M. Raffard expose les divers résultats de ses études sur les organes fondamentaux de la machine à vapeur : bielle, manivelle, arbre, volant.

Il signale les inconvénients que présente la disposition de l'arbre en porte-à-faux, et fait connaître une disposition susceptible de les supprimer, tout en permettant de réduire le diamètre d'un sixième sans compromettre la solidité de l'arbre. Il décrit également le système de manivelle qu'il appelle *retournée*, et qui a pour but d'écarter de même les inconvénients de la manivelle en porte à faux. Il discute enfin les dispositions qu'il y a lieu, suivant lui, d'adopter pour les volants, en vue de conserver leur puissance tout en atténuant les résistances passives.

M. de Landsée a décrit un nouveau type de machines à vapeur accouplées qu'il appelle : *Compound français*.

Il constate l'économie due à l'emploi du principe compound, en faisant remarquer que, par compensation, ce résultat porte atteinte aux conditions essentielles de la puissance maximum. Les locomotives, par exemple ont un démarrage lent et difficile.

L'auteur ne regarde pas comme justifiée la différence de diamètres à établir entre le grand et le petit cylindre. Il explique, à l'aide d'une série d'épures, qu'un moteur accouplé à deux cylindres d'égal diamètre conserve l'avantage précédent, tout en évitant l'inconvénient.

Indépendamment de la construction de nouvelles machines suivant le type du compound français, celui-ci peut être employé dans les anciens moteurs moyennant une transformation simple et facile, quand on dispose de deux cylindres de diamètres égaux, avec manivelles calées à angle droit et distribution unique pour les deux.

M. de Landsée dépose en même temps sur le bureau un mémoire dans lequel il fournit des renseignements nombreux et intéressants sur son appareil, ainsi que sur les résultats qu'il a obtenus dans la pratique.

M. Bonjour a captivé l'attention de la section par un remarquable travail sur un nouveau procédé de commande des tiroirs de distribution au moyen de l'orientation facultative du collier d'excentrique.

Avec le système ordinaire, dans lequel existe une liaison rigide entre le collier et la barre d'excentrique, les points décrivent pendant le mouvement des courbes plus ou moins déformées par l'obliquité de cette bielle. Il est alors possible de greffer sur le collier la commande d'un second tiroir avec des angles de calage différents du premier. Mais il est indispensable que la direction du mouvement du tiroir soit perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre moteur, et de plus il faut avoir recours à des renvois de mouvement pour ramener ce tiroir parallèlement au premier. Même avec cette addition, le mouvement du deuxième tiroir ne peut être rendu variable que par l'addition d'un second mécanisme.

Si au contraire on articule la barre au collier de manière à permettre à celui-ci de recevoir des déplacements angulaires, en guidant un de ses points, tous les autres points du pourtour décrivent des courbes absolument différentes. Si l'on déplace, d'un angle très faible, la direction de la coulisse d'orientation, on peut obtenir sur un même point du collier des courbes extrêmement diverses, capables d'influencer le tiroir de la manière la plus variable. On peut ainsi, en choisissant des points convenables sur ce collier, établir des distributions analogues à celles de Meyer, dont on fait varier l'admission dans des limites aussi

étendues que possible, par la seule action du régulateur. M. Bonjour nous a montré à cet égard des épures fort curieuses qui réalisent des courbes ovales, ou presque triangulaires, ou en forme de 8, allant ainsi jusqu'à renverser le mouvement du tiroir. Il a également fait fonctionner sous nos yeux un modèle en bois d'une machine de 25 chevaux qui figure à l'Exposition, et qui a été établie par la Compagnie de L'Horme. Ses deux tiroirs superposés sont conduits par un seul excentrique.

M. Boulvin ayant rappelé à cette occasion les distributeurs de Haywort, Marschal, Gluck, Fink, etc., qui obtiennent, à l'aide d'une coulisse d'orientation, la détente et le changement de marche, M. Bonjour fait ressortir la différence profonde qui résulte de la petite distance à laquelle il agit, tandis que les précédents auteurs attaquent à l'aide de leur coulisse un levier, c'est-à-dire un point éloigné du collier. Il en résulte à son profit une bien plus grande richesse de déformation des trajectoires, qui lui permet de réaliser les mouvements les plus compliqués. L'auteur met à cet égard sous les yeux des membres de la section des diagrammes très remarquables qui indiquent une variation de l'admission entre 0 et 70, sans faire varier sensiblement la compression et l'avance à l'échappement. Ces courbes n'ont pas encore été publiées, et M. Bonjour a tenu à en offrir la primeur au Congrès de mécanique.

Dans la dernière séance de la première section, M. Ad. Meyer s'excuse par lettre de ne pas pouvoir venir faire sa communication sur la détente Meyer dans les locomotives.

M. Richard s'occupe de l'utilité et des services rendus par les enregistreurs dans l'industrie, et expose ensuite le principe de son appareil destiné à donner soit un produit, soit un quotient.

Le résultat se lit d'après les déplacements d'une molette qui roule sur un plateau animé d'un mouvement A. Cette molette commande une vis crémaillère, qui attaque une roue tangentielle animée d'un mouvement B. La molette, sous l'action des deux mouvements, prend une position d'équilibre donnant $\alpha = \frac{B}{A}$.

M. Richard a appliqué ce système :

1° A un indicateur de vitesse absolue, ou cinémomètre, dans lequel la prise de vitesse, qui a besoin d'être constante, a été faite, d'après les conseils de M. Napoli, par un petit pendule de Foucault;

2° A un indicateur de travail qui est dérivé du dynamomètre de White.

Dans cet appareil les poids sont remplacés par un sommier à air muni d'un manomètre. La roue longitudinale se déplace proportionnel-

lement au nombre de tours du manomètre, le plateau tourne proportionnellement au nombre de tours de la machine, et en adjoignant à l'appareil une horloge, on obtient un tracé dont les abscisses représentent les temps et les ordonnées les kilogrammètres-secondes.

Dans ce même ordre d'idées, M. Richard signale un appareil qui permet de mesurer la quantité de gaz riche contenu dans un mélange donné; un appareil pour mesurer, à distance, la vitesse de rotation d'une roue ou d'un volant, et un planimètre.

Enfin M. Arnoux, après avoir fait l'historique des pendules isochrones, établit une théorie du régulateur. Il conclut en disant que :

- 1° Les boules doivent être animées de la plus grande vitesse possible;
- 2° La course du manchon doit être réduite au minimum.

M. Arnoux s'occupe ensuite de la balance dynamométrique inventée par M. Carpentier et modifiée par M. Raffard. Il fait remarquer que ce dernier appareil est appelé à rendre de grands services. Il a été employé par M. Marcel Deprez dans ses expériences de Creil. L'orateur ajoute que cet appareil est d'un maniement plus facile et présente beaucoup moins de chances d'erreur que le frein de Prony.

En terminant ce compte rendu, je tiens à rendre hommage au zèle et au talent qui ont été mis au service de la section par nos trois secrétaires, MM. Casalonga, Latès et Boyer. Grâce aux excellents procès-verbaux que ces ingénieurs ont tenus de nos délibérations, la mission que je viens de remplir devant vous n'était plus qu'un jeu. Je pense donc, Messieurs, que vous me permettrez, en terminant, de leur exprimer tous nos remerciements pour la part qu'ils ont prise ainsi à l'œuvre commune.

M. LE PRÉSIDENT. — La première section a donc examiné toutes les questions portées à son ordre du jour, sauf la détente Meyer dans les locomotives, M. Meyer étant absent, et le développement de l'emploi de la condensation par l'aéro-condenseur, que devait traiter M. Fouché.

C'est surtout le mémoire de M. Develshauvers-Dery que la première section recommande pour l'insertion intégrale. Nous ferons évidemment tout notre possible pour insérer toutes les communications, mais si nous ne le pouvons pas, nous ferons le choix d'après l'avis des sections. Les autres communications seraient au moins mentionnées.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Sauvage, président de la deuxième section, pour le compte rendu des travaux de cette section.

M. SAUVAGE. — Le deuxième section a tenu cinq séances; elle a examiné les diverses questions qui étaient portées à l'ordre du jour, à l'exception des notes de M. Huet, sur le rendement des chaudières à vapeur et les épreuves de chaudières, et de celle de M. Webb sur les chau-

dières et boîtes à feu des locomotives, M. Huet n'ayant pas pu venir, et M. Webb ayant été empêché de faire sa communication, par suite de l'absence de dessins qui n'ont pu être retrouvés en temps convenable.

La première étude a porté sur le travail de M. Marié relativement aux machines d'essai des matériaux, aux frottements des cuirs emboutis et à la mesure des hautes pressions.

M. Marié a d'abord reconnu, par une série d'expériences, que le frottement des cuirs emboutis était beaucoup plus faible qu'on ne l'admet généralement.

Le principe de la méthode de M. Marié est très simple. M. Marié a pris un bloc d'acier traversé de part en part par un piston d'assez grand diamètre. Ce bloc contenait une cavité pleine d'eau sous pression, et des cuirs emboutis formaient garniture autour du piston de chaque côté de cette cavité. Le frottement était mesuré par l'effort qu'il fallait exercer pour déplacer l'ensemble de ces deux pistons. Deux cuirs emboutis étant employés dans l'appareil, on n'a qu'à diviser le résultat par deux pour obtenir le frottement d'un cuir.

On a objecté que le second de ces cuirs était frotté en sens contraire du premier, et que le coefficient de frottement pouvait être un peu différent; il n'était donc pas prouvé qu'en divisant par deux on obtint le frottement d'un seul cuir embouti.

M. Marié a montré qu'il n'y avait presque pas d'intérêt à savoir si un seul cuir donnait la moitié ou une fraction un peu différente de l'effort, vu la faible valeur de la résistance totale.

Ce point établi pour une machine d'essai consistant en une simple presse hydraulique, où par conséquent le frottement des cuirs emboutis est négligeable, il reste à mesurer la pression de l'eau.

M. Marié a indiqué comment on pouvait arriver à avoir des manomètres métalliques donnant cette pression; il a indiqué le principe de l'appareil.

La conclusion de M. Marié est qu'il est possible, avec une simple presse hydraulique et un manomètre, d'obtenir à peu de frais une machine d'essai puissante et exacte.

La section est d'avis que les renseignements sur les coefficients de frottement présentent un grand intérêt, non seulement pour les machines d'essai de matériaux, mais encore pour toute l'industrie en général. Elle émet le vœu que les expériences de M. Marié sur les cuirs et les garnitures de toutes sortes soient continuées dans les laboratoires de mécanique appliquée.

La seconde question à l'ordre du jour était le travail très important de M. Svilkossitch sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux

de construction. Ce mémoire a été lu et discuté avec détails par la section, qui a émis le vœu suivant : il est nécessaire de donner le plus de détails possibles en rapportant les essais de traction et autres, la simple mention des chiffres de résistance et d'allongement étant évidemment insuffisante. Il faut tâcher de rapporter toutes les circonstances de l'expérience afin que plus tard on puisse comparer cet essai à d'autres.

M. Marié a signalé une loi intéressante, la loi de similitude des éprouvettes, de laquelle il résulte qu'il ne serait pas absolument nécessaire d'avoir toujours des éprouvettes ayant les mêmes dimensions, mais des éprouvettes ayant des dimensions géométriquement semblables ; par exemple, il suffirait que le rapport du diamètre à la longueur fût toujours le même.

A ce sujet, la première section émet ce second vœu que la loi de similitude des éprouvettes soit étudiée à nouveau dans toutes ses circonstances.

En troisième lieu, la section recommande l'emploi des machines qui donnent le tracé graphique de toutes les circonstances de l'essai.

En quatrième lieu, elle prend acte de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur l'unification des essais de métaux.

La section a ensuite entendu et discuté le mémoire de M. Godillot sur l'utilisation de mauvais combustibles par l'emploi de foyers à combustion méthodique. Le système de M. Godillot consiste essentiellement en une grille à gradins en forme de demi-cônes à base circulaire. Le combustible est fourni automatiquement au sommet du cône et se répand sur tous les gradins. M. Godillot est arrivé ainsi à brûler des combustibles extrêmement mauvais, non seulement des copeaux, mais de la tannée ; il est arrivé à des résultats très remarquables ; bien entendu, pour chaque espèce de combustibles, il a fallu faire une étude spéciale ; ce qui convient pour l'un, ne convient pas toujours pour l'autre. M. Godillot a donné des tableaux très intéressants du pouvoir calorifique de ces différents combustibles comparé à celui de la houille, et il a indiqué la manière de faire varier la consommation des grilles suivant les besoins.

La section est d'avis qu'il est important d'avoir un grand nombre d'essais sur les questions, et notamment sur la combustion du charbon menu.

Viennent ensuite plusieurs mémoires sur divers types de chaudières à circulation d'eau dans les tubes, par MM. d'Allest, Trépardoux, Rocour et Lesourd, M. Lesourd parlant du générateur Serpollet.

A l'occasion du mémoire sur le générateur Serpollet, la section pense qu'il serait utile d'éclaircir quelques points ; qu'il serait nécessaire, en

particulier, d'avoir des données précises sur l'appareil, de faire des expériences pour déterminer la section réelle du tube du générateur Serpollet à chaud et en pression, pour connaître la quantité d'eau vaporisée avec un tube donné, l'utilisation du combustible dans ce générateur et les phénomènes qui accompagnent la vaporisation de l'eau dans une enceinte aussi restreinte. Il y a là des questions théoriques qui malheureusement n'ont pas pu être étudiées jusqu'à ce jour. La section émet le vœu que cette étude soit faite.

M. d'Allest a décrit un générateur à tubes, employé par la Compagnie Fraissinet, qui se substitue à la chaudière marine ordinaire.

La chaudière marine ordinaire, avec son très grand diamètre, a une épaisseur de tôles considérable, quand on veut aborder les hautes pressions nécessaires aujourd'hui pour les machines à triple expansion ; de plus, on lui reproche une circulation d'eau assez difficile, ou du moins, on est parfois conduit à adopter des appareils accessoires pour bien assurer cette circulation.

Le générateur que M. d'Allest a décrit, et qui est formé de tubes, est disposé de manière à tenir la même place qu'une chaudière marine ordinaire ; de plus, il se distingue par la présence d'une chambre de combustion assez grande, c'est-à-dire que les tubes ne sont pas très rapprochés de la grille, et ensuite par quelques précautions ingénieuses pour bien faire circuler les gaz chauds à travers le faisceau tubulaire ; les sections des carneaux ont été calculées en tenant compte du refroidissement des gaz qui en diminue le volume.

M. d'Allest a signalé, à propos de la nécessité d'une chambre de combustion, certaines expériences qui, d'après l'avis de la section, ne peuvent pas être admises exactement telles qu'elles ont été rapportées ; d'après ces expériences, l'acide carbonique, une fois formé, se décompose, au contact des tubes froids, en oxyde de carbone et en oxygène, en perdant ainsi une certaine quantité de la chaleur. On a parlé à ce propos, et notamment M. Lencauchez, de la nécessité des prises de gaz dans le foyer.

D'ailleurs, la section a été entièrement de l'avis de M. d'Allest sur l'utilité d'avoir une chambre de combustion suffisante au-dessus de la grille.

Le mémoire de M. Trépardoux donne des détails intéressants sur un type spécial de chaudière à circulation d'eau dans les tubes, qui consiste en une enveloppe cylindrique au milieu de laquelle est le foyer et un bouilleur cylindrique central. Le bouilleur et l'enveloppe sont reliés par des tubes légèrement inclinés ; cette chaudière présente des chicanes intérieures pour la circulation de l'eau et de la vapeur.

Le point particulièrement discuté à l'occasion de cette chaudière, dont on a tour à tour signalé les avantages, la légèreté, l'économie sur la dépense de combustible, l'économie sur le temps de mise en pression, etc., a été de savoir s'il était avantageux et prudent d'avoir des tubes où ne circule que de la vapeur. Dans cette dernière disposition de chaudières, ces tubes risquent d'être trop chauffés parce qu'ils ne sont jamais refroidis par l'eau ; dans la chaudière présentée, cependant, on a pensé que les tubes étant constamment humides ne présentaient guère cet inconvénient.

M. Rocour a décrit une chaudière dérivée de la chaudière Field.

C'est une chaudière Field dans laquelle la grande cheminée centrale a été supprimée et remplacée par une série de tubes à travers lesquels passent les gaz chauds ; au-dessous de chacun de ces tubes pend une série de tubes Field ordinaires ; les tubes traversés par les gaz chauds sont en partie dans l'eau, en partie dans la vapeur, mais on a pensé qu'ils étaient suffisamment refroidis pour que cette disposition ne présentât pas d'inconvénient.

Le second point de la chaudière de M. Rocour est la manière de faire l'enveloppe qui entoure le foyer. Cette enveloppe, dans les chaudières Field ordinaires, consiste en deux cylindres entre lesquels se trouve de l'eau. M. Rocour, au contraire, a fait cette enveloppe de tubes Field joints ; il fallait un certain artifice pour faire toucher ces tubes ; parce que les trous de la plaque tubulaire se seraient également touchés si ces tubes avaient la forme ordinaire ; on a simplement résolu la question, en faisant usage des tubes fortement rétrécis à leur partie supérieure, qui ont la forme d'un goulot de bouteille. La partie supérieure de petit diamètre est encastrée dans la plaque tubulaire. M. Rocour a insisté sur la simplicité de construction de sa chaudière, qui n'exige que les ressources que présentent tous les ateliers de chaudronnerie, et sur la légèreté et l'économie de ce type de chaudière qui, en tous cas, paraît très intéressant.

En terminant ses séances, la seconde section a remercié les différents auteurs de ces communications des travaux qu'ils ont bien voulu faire. Elle a émis le vœu que, dans la limite du possible, les procès-verbaux des séances et les mémoires présentés fussent imprimés.

M. LE PRÉSIDENT. — On fera ce qu'il est possible de faire. Je demanderai un mot d'explication à M. Sauvage au sujet des deux mémoires de MM. Huet et Webb.

M. SAUVAGE. — Le mémoire de M. Huet a été examiné sommairement ; c'est une question de temps qui nous a empêché de l'étudier d'une façon

plus complète. Quant à M. Webb, il est venu à la séance ; il n'a pas lu son rapport, qui est en anglais, parce que les dessins lui manquaient.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Richard s'il veut bien avoir la complaisance de faire la traduction du mémoire de M. Webb.

M. Richard veut bien se charger de cette traduction.

M. HATON demande l'insertion de tous les mémoires relatifs à la première section, si cela est possible. Ce n'est que dans le cas où cette insertion *in extenso* ne pourrait pas se faire qu'il recommande particulièrement le mémoire de M. Dwelshauvers-Déry.

M. LE PRÉSIDENT promet de faire tout ce qui sera possible à ce sujet.

M. BELELUBSKY. — Je veux dire quelques mots au sujet du rapport de M. Sauvage.

Comme le Congrès a émis un vœu sur l'organisation d'une Commission internationale pour l'unification des méthodes d'essais, et que cette Commission prendra, sans doute, en considération les résolutions des conférences de Dresde et de Munich, dont je parlais au second jour du Congrès, et dont a parlé aussi M. Svilokossitch, dans son mémoire, il est désirable que le terrain soit le mieux préparé possible.

Je me permets d'appeler l'attention des Membres du Congrès sur une question importante au point de vue des résolutions que devra prendre la Commission internationale, pour le cas où quelques-uns des Membres auraient la possibilité d'entreprendre des essais de matériaux dans les laboratoires de mécanique de leurs pays.

M. Cornut nous a expliqué le défaut d'uniformité que l'on rencontre, pour les métaux, dans les cahiers des charges français, quant aux modes des essais et surtout aux dimensions des pièces d'essais, et a fait remarquer qu'il est, sans aucun doute, très important de prendre, dans tous les cahiers des charges, les mêmes dimensions des pièces d'essais, car autrement il est tout à fait impossible de comparer les résultats relativement à l'allongement de ces pièces. Il n'y a pas, jusqu'à présent, beaucoup de recherches faites sur la variabilité de l'allongement, suivant la grandeur des pièces d'essais, et c'est principalement la loi de similitude, indiquée par M. Barba, qui sert de base aux cahiers des charges en France.

Je crois que, dans la pratique, quand on a à essayer des fers de différentes sections, il n'est pas commode de préparer les pièces d'essais de différentes longueurs, comme l'exige la loi de similitude ; il est dès lors indispensable de rechercher la loi de variabilité de l'allongement, suivant la grandeur des sections des pièces d'essais, en supposant que celle-ci reste la même. Nous avons déjà un travail fait, dans cette direction, par les ingénieurs russes, MM. Liachnitzky et Brandt, qui ont fait

leurs essais sur le fer fondu dans notre laboratoire, et d'après leurs propres idées, en variant les sections de pièces ayant la même longueur. Ces essais leur ont permis de généraliser la loi Barba.

Je crois que l'on peut exprimer le désir qu'il soit possible de réaliser, dans tous les laboratoires de mécanique appliquée, un grand nombre d'essais analogues, pour fournir des données suffisantes à la Commission de l'unification des méthodes d'essais.

M. SAUVAGE. — La seconde section est absolument dans les idées de M. Belebubsky. Il est, en effet, à désirer que la loi de similitude des éprouvettes soit examinée dans toutes ses circonstances.

La seconde section a aussi pris acte des travaux faits à l'étranger sur cette question.

M. LE PRÉSIDENT dit que dans cette question de la similitude des éprouvettes, la plus petite de deux éprouvettes données peut être considérée comme le modèle de la plus grande, et rappelle ce qu'il a dit dans sa communication du 17 septembre.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Hirsch de rendre compte des travaux de la troisième section dont il est le président.

M. HIRSCH. — La section a procédé à l'audition et à la discussion de tous les mémoires annoncés à l'ordre du jour, à l'exception de celui de M. Hillairet; l'auteur, se trouvant en ce moment absent de Paris, s'est fait excuser.

M. W. Donaldson avait envoyé un mémoire sur la transmission de la puissance à l'aide de fluides sous pression, avec description d'une application de l'eau comprimée au pompage des eaux d'égout. M. Richard a eu l'obligeance de traduire cette note, et, en l'absence de l'auteur, il a bien voulu la présenter à la section. Après avoir comparé les divers modes de transmission du travail et indiqué les motifs de la préférence qu'il accorde à l'eau sous pression, M. Donaldson décrit le projet d'assainissement d'une ville au moyen d'égouts à petite section, constamment épuisés à l'aide de pompes. Ces pompes, installées en divers points de la surface à assainir, sont commandées par une usine motrice unique, à l'aide d'une canalisation d'eau comprimée. Le mécanisme de la pompe et la disposition de la colonne d'eau qui la commande sont d'une conception fort ingénieuse.

M. Hanarte donne la description et la théorie de ses compresseurs d'air et des pompes nouvelles qu'il a imaginées. Il indique les imperfections des compresseurs ordinaires à matelas d'eau, et les moyens qu'il a mis en œuvre pour atténuer les pertes de travail résultant des mouvements alternatifs de masse d'eau considérables, et pour imprimer à ses

compresseurs des vitesses non encore atteintes. Des principes analogues dont M. Hanarte démontre la théorie, lui ont permis d'établir des pompes à grande vitesse de piston, ne donnant lieu ni à des chocs, ni à des pertes de charge importantes.

Après cette intéressante communication, qui a captivé l'attention de la section, la parole a été donnée à M. Brancher, pour la lecture d'un mémoire de M. Léon Dufresne sur l'historique de la transmission par l'air comprimé ; cette notice, fort étudiée, est une collection de renseignements, puisés aux sources les plus certaines, sur les origines de l'application de l'air comprimé à la transmission du travail mécanique.

Vous avez encore présent à l'esprit, Messieurs, le magnifique mémoire qui vous a été présenté par M. Richard sur les machines employées pour la fabrication du froid. M. Diesel a demandé à présenter quelques observations faisant suite à ce mémoire. En quelques pages très serrées, très précises, dans lesquelles se manifestent à la fois les connaissances théoriques du savant et la compétence du praticien, M. Diesel expose ses idées sur la matière : comme fluide intermédiaire, il rejette successivement l'air, l'éther, l'acide sulfureux et l'acide carbonique ; ses préférences se portent sur l'ammoniac ; il montre les défauts des machines verticales, des machines à affinité, telles que celles de Carré, et émet l'opinion que le système qui a, jusqu'à ce jour, la prééminence, est celui de M. Linde, tel qu'il est construit aujourd'hui par la maison Sulzer. Cette communication, appuyée sur des faits nombreux et des arguments solides, est écoutée avec une grande attention et sert de point de départ à une discussion approfondie, à laquelle ont pris part plusieurs membres de la section.

On s'est d'abord demandé s'il était toujours nécessairement vrai que la compression d'un gaz liquéfiable donnât lieu, dans le cylindre compresseur, à une surchauffe du gaz. La discussion fut fort animée : d'une part, M. Diesel apportait des faits d'observation favorables à cette théorie ; d'autre part, on faisait observer qu'il ne fallait pas confondre l'échauffement avec la surchauffe. Cet examen contradictoire, conduit d'ailleurs avec autant de loyauté que de courtoisie, amena un résultat qui est bien rare dans les discussions de cette nature : les deux parties tombèrent d'accord ; elles reconnurent que ni l'une ni l'autre des deux opinions ne présentait une certitude absolue ; et le motif de ces doutes est bien simple : on manque jusqu'à ce jour des données numériques indispensables pour calculer les phénomènes qui se passent pendant la compression.

M. Richard, en constatant cet accord, résume la discussion, et fait re-

marquer combien il est regrettable que, faute de données, les points les plus intéressants de la théorie des machines à froid demeurent nécessairement dans le doute et l'obscurité. En conséquence, il propose à la section d'émettre un vœu tendant à ce que des expériences soient entreprises pour déterminer les constantes physiques des fluides employés dans les machines à faire le froid.

Cette proposition a été adoptée à l'unanimité par la section, et vous vous souvenez Messieurs, qu'appuyée par M. Diesel, elle a été également adoptée par le Congrès.

M. Richard, reprenant la discussion, a présenté quelques observations fort sensées sur les idées exposées par M. Diesel; il pense qu'en matière d'industrie, il importe de ne pas se prononcer d'une manière trop absolue, que tel système qui donne aujourd'hui de bons résultats, peut être demain dépassé par d'autres; il n'accueille qu'avec réserve les expériences de Munich, citées par M. Diesel, les résultats de ces expériences se trouvant contredits par d'autres plus récentes, notamment en ce qui concerne les machines à réaction.

Sur cette même question des machines à produire le froid, M. Lebrun nous a décrit un système de machines à ammoniac, dans lequel il a pu supprimer les presses étoupes des tiges des compresseurs. Les compresseurs sont à simple effet, et sont séparés par un réservoir en forme de cloche, qui renferme la transmission de mouvement. Un cadre rectangulaire, fixé aux tiges des pistons, est commandé par un arbre coudé, passant à travers les parois du réservoir, cet arbre n'ayant d'autre mouvement que celui de rotation qui lui est donné par une transmission extérieure.

M. Anthoni nous a ensuite fait un exposé des procédés qu'il met en usage pour empêcher les vibrations des machines de se communiquer au sol. Cette question devient chaque jour de plus en plus pressante et a revêtu, dans ces derniers temps, une véritable acuité: les machines s'installent dans le centre des lieux habités, notamment les usines électriques, et les voisins se trouvent souvent fort gênés par les trépidations qu'elles produisent; de là des réclamations et des procès. Pour faire taire ces vibrations, M. Anthoni asseoit la machine sur des supports en caoutchouc; mais ce n'est pas assez d'un appui vertical; tout contact métallique d'une pièce de machine avec une pièce fixée au sol suffit pour transmettre les vibrations; il faut recourir à un isolement complet, électrique pour ainsi dire. M. Anthoni a étudié le problème avec une sagacité remarquable, et il donne à la section la description des procédés auxquels il a été amené par cette étude. Ces procédés ont réussi à tel point, que les vibrations les plus violentes, telles que celles

qui sont produites par des marteaux-pilons, se trouvent complètement amorties.

A propos de cette communication, M. Solignac fait connaître à la section les moyens employés dans le même but par la Compagnie parisienne de l'air comprimé ; on fait usage d'un tapis en fibres de coco, interposé sous la fondation ; cette matière est élastique, incorruptible et a donné les meilleurs résultats.

M. Butticaz donne ensuite la description de l'installation faite à Genève pour la distribution de l'eau et du travail. La force motrice est obtenue au moyen de la chute d'un barrage établi sur le Rhône à sa sortie du lac de Genève ; elle est recueillie dans une vaste usine, au moyen de turbines actionnant des pompes ; l'eau comprimée est ensuite distribuée, et on l'utilise pour la force motrice au moyen de turbines de très petits volume et tournant à grande vitesse. M. Butticaz fait passer sous les yeux des membres de la section les dessins très complets de cette belle installation, en les accompagnant d'explications du plus grand intérêt, que malheureusement l'heure avancée l'oblige à trop écourter. La section émet le vœu que M. Butticaz envoie un mémoire qui puisse être inséré *in extenso*.

Vous savez, Messieurs, que M. le Président m'avait confié la tâche de guider les membres du Congrès dans une visite à faire aux appareils mécaniques de l'Exposition. Cette circonstance ne m'a pas permis d'assister à la dernière séance de la section ; cette séance a été présidée par M. Richard, qui voudra bien en rendre compte. Mais, avant de lui passer la parole, je désire, au nom de la section, adresser les plus vifs remerciements à MM. les Secrétaires, qui ont rempli leurs fonctions, parfois difficiles, avec un soin et un dévouement qu'on ne saurait trop louer.

Laissez-nous aussi espérer que les communications qui nous ont été faites, et dont vous avez pu, par le résumé court et incomplet que je viens de faire apprécier l'intérêt pratique et la haute valeur scientifique pourront intégralement trouver place dans les publications du Congrès.

M. RICHARD. — M. Raffard nous a entretenus d'une ingénieuse modification apportée au totalisateur de Poncelet. On sait que les indications de ce totalisateur cessent d'être exactes quand la roulette arrive aux environs du centre du plateau ; pour parer à cet inconvénient, M. Raffard emploie, au lieu d'une seule roulette, deux roulettes folles aux extrémités d'un diamètre du plateau. L'écartement de ces roulettes est invariable sur leur axe, qui se déplace avec elles, parallèlement au plateau, de quantités proportionnelles aux efforts : il en est de même de

la somme algébrique de leur rotation, et c'est la différence de ces rotations qui totalise le travail, exactement en tout point, parce que les roulettes ne se rapprochent jamais trop du centre du plateau. La constance de la somme des rotations fournit d'ailleurs un élément de contrôle. Le perfectionnement très simple de M. Raffard peut s'adapter très facilement aux nombreuses applications du totalisateur de Poncelet.

M. *Trouvé* nous a apporté et a fait fonctionner devant nous un grand nombre de modèles très ingénieux de dynamomètres donnant, sur des échelles fort étendues et depuis les plus petites forces, des indications très précises. Dans ces appareils, l'effort est mesuré par la torsion d'une lame logée dans la tige du dynamomètre, et la vitesse par la dépression que détermine, sur un manomètre, la rotation, dans l'air et dans l'eau, d'un tourniquet ou tube à réaction tournant avec l'appareil. Ces dynamomètres, remarquables par une foule de détails dont l'ingéniosité n'étonne plus de la part de M. Trouvé, peuvent, en principe du moins, s'appliquer aussi aux très grandes forces.

Le frein que nous a présenté M. *Sneyers* est une application très ingénieuse de la résistance considérable que développe le frottement d'une brosse pressée sur une autre brosse ou sur une surface dentelée. M. Sneyers a réalisé, d'après ce principe, au moyen de brosses en acier, des freins d'ascenseurs et des embrayages très sûrs, très énergiques sous un faible volume, et qui n'exigent que peu d'entretien.

Dans son mémoire sur la transmission et la distribution de la force par l'air comprimé, M. *Solignac*, ingénieur de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, nous a donné, outre la description sommaire des installations de cette Compagnie, les éléments d'un projet de distribution d'air comprimé plus considérable encore (10000 chevaux), établie dans des conditions analogues. Tout en rendant hommage à la compétence spéciale de l'auteur, quelques-unes de ces conclusions ont paru à la plupart des auditeurs peut-être un peu trop exclusives en faveur de l'air comprimé. Il est résulté de la discussion du mémoire de M. Solignac que les différents modes de transmission de la force, l'électricité notamment, étaient encore loin d'avoir dit leur dernier mot, et qu'il se présenterait toujours, dans la pratique, des circonstances particulières telles qu'il serait prématuré de donner, dès aujourd'hui, la préférence exclusive à tel ou tel de ces moyens.

Les travaux de la troisième section se sont terminés par une intéressante communication de son dévoué secrétaire, M. *Brancher*, sur quelques points particuliers de la théorie des courroies, et sur un nouveau mode de construction de poulies en fer à la fois légères et très solides.

M. HATON, au nom de la commission désignée, dans la séance du 19 septembre, pour étudier les modifications que l'on peut apporter à quelques définitions de la mécanique, présente les résolutions suivantes :

Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. *Le mot FORCE ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscriit spécialement l'expression TRANSMISSION DE FORCE, qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de FORCE D'UNE MACHINE, qui n'est que l'activité de production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.*

2. *Le mot TRAVAIL désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.*

3. *Le mot PUISSANCE sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.*

4. *En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :*

La FORCE a pour unité le KILOGRAMME défini par le Comité international des poids et mesures.

Le TRAVAIL a pour unité le KILOGRAMMÈTRE.

La PUISSANCE a pour unité le CHEVAL de 75 kilogrammètres par seconde.

5. *L'expression ÉNERGIE subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité. On l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.*

6. *On se rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.*

M. HOSPITALIER. — Le mot *cheval* évidemment ne peut pas être changé ; il conserve sa valeur de 75 kilogrammètres par seconde, mais

on pourrait accepter, à côté de ce cheval, une unité de puissance qui serait de 100 kilogrammètres par seconde et à laquelle on donnerait le nom de cheval métrique. Il y aurait ainsi deux unités, et dans la pratique, celle qui conviendrait le mieux serait adoptée.

Il y aurait donc lieu de définir le cheval métrique sans enlever au cheval-vapeur sa signification ordinaire.

M. LE PRÉSIDENT. — Mais dans une séance précédente, on a adopté comme unité le cheval-vapeur de 75 kilogrammètres par seconde.

M. STAFFER. — 100 n'est pas plus métrique que 75.

M. HOSPITALIER. — Mais il est plus décimal.

M. HATON. — M. le Président fait observer qu'il y a là-dessus un vote. Je crois que le Congrès peut très bien se déjuger s'il le veut, puisqu'il a nommé une commission à ce sujet.

Je suis très énergiquement pour une partie de la proposition de M. Hospitalier et aussi énergiquement contre l'autre partie.

D'abord, je pense qu'ici tout le monde serait d'accord pour dire qu'il est regrettable qu'autrefois on ait choisi le nombre de 75 au lieu de 100 ; mais il serait bien stérile d'énoncer des regrets dans notre procès-verbal ; nous ne sommes pas ici pour le passé, mais pour l'avenir.

Il est désirable qu'on puisse un jour arriver au chiffre de 100. Je crois que si cette transformation pouvait être faite, ce serait avantageux.

En ce sens, je me rallie volontiers à l'idée de M. Hospitalier, mais je dirai que l'expression de *cheval métrique* me paraît tout à fait fâcheuse, et si elle devait être adoptée, je me mettrais franchement contre la proposition.

L'expression cheval métrique est composée d'un substantif et d'un adjectif ; or, l'expérience montre que souvent en pareil cas l'adjectif reste en route ; il arrivera dans certaines transactions que, de très bonne foi, l'adjectif *métrique* aura été oublié ; mais il pourra arriver aussi que des gens peu scrupuleux se servent de cette absence pour engager de mauvaises affaires. C'est ce qu'il faut éviter.

J'exprimais à M. Hospitalier la pensée, pour résoudre cette difficulté, de donner, à cette unité de 100 kilogrammètres par seconde, le nom d'un grand savant ayant traité de la question du travail ; il me vient à l'esprit le nom de Poncelet. On pourrait dire un *cheval* de 75 kilogrammètres par seconde et un *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde. Ceux d'entre nous qui tiennent à l'habitude, continueront à parler du cheval, et les hommes de plus d'initiative, ou les jeunes, parleront du poncelet. Personne ne s'y trompera, il n'y aura pas d'ambiguïté possible.

Je crois qu'avec le temps, le cheval disparaîtrait et que le poncelet

subsisterait. Ce ne sera probablement pas nous qui assisterons à cette transformation, mais peut-être nos neveux la verront-ils.

Le mot cheval peut sombrer d'ailleurs, il n'est pas regrettable en lui-même; il n'est pas en effet déjà si bien choisi; je crois donc que s'il disparaissait tout à fait, ce ne serait pas un mal.

Par conséquent, si le mot *cheval métrique* doit être adopté, je voterai contre la proposition. Si au contraire, on accepte un substantif unique, un nom propre par exemple, pour désigner l'unité de 100 kilogrammètres, je soutiendrai la proposition.

M. HOSPITALIER. — Je retire ma proposition et me rallie entièrement à celle de M. Haton, la suppression du mot *métrique* dans le langage courant pourrait, en effet, amener des confusions.

M. CASTILLO voudrait que l'on acceptât le kilogrammètre comme unité, avec ses multiples et ses sous-multiples. On dirait décakilogrammètre, hectakilogrammètre, etc.

M. LE PRÉSIDENT, fait remarquer que cela embrouillerait beaucoup les choses.

M. ROY. — L'expression de cheval métrique a bien aussi une raison d'être par la longue habitude qu'on a, non-seulement en France, mais dans tout l'univers, d'employer le mot cheval pour désigner la puissance des moteurs. Eh bien, je trouve que cette expression de cheval métrique de 100 kilogrammètres aurait un autre avantage, ce serait de rapprocher les expressions que nous avons consacrées, il y a quelques jours, entre le cheval indiqué et le cheval frein, car dans la pratique, le coefficient d'utilisation effectif d'un travail produit sur le piston d'une machine, varie dans une assez grande proportion suivant la puissance des machines. Dans les grandes machines, ce coefficient arrive à 0,80 ou 0,85; dans les machines de petite force, telles que celles de 15 ou 20 chevaux, il n'est que de 0,50 à 0,65. Le rapport 0,75 serait une moyenne qui permettrait en quelque sorte de désigner d'une manière générale ce coefficient d'utilisation.

Il y a là une raison qui pourrait conduire à adopter le cheval métrique c'est-à-dire le cheval de 100 kilogrammètres par seconde, comme unité de la puissance développée dans le cylindre du moteur, en conservant le cheval de 75 kilogrammètres par seconde, comme unité de la puissance du moteur mesurée sur l'arbre.

M. LE PRÉSIDENT. Je crois que si on conserve l'expression de cheval dans la dénomination de l'unité de 100 kilogrammes, cela pourra quelquefois amener des confusions si on ne spécifie pas de quel cheval il s'agit, de même que vous avez vu dans une précédente séance qu'il pou-

vait s'introduire des confusions au sujet de la question de savoir si dans les contrats on a voulu parler du cheval indique ou du cheval effectif.

Je crois que si on voulait rentrer dans cet ordre d'idées, j'aimerais mieux quelque chose de très tranché; à ce point de vue le nom de *Poncelet* pourrait être adopté. Cela représentera 100 kilogrammètres dans une seconde. On évitera ainsi les confusions; car, si on adoptait l'expression cheval métrique, quand on dira: tant de chevaux, de quel cheval s'agit-il, du cheval métrique de 100 kilogrammètres ou de celui de 75 kilogrammètres.

M. POLONCEAU. Pour la marine, le cheval adopté n'est déjà pas le même que pour les machines ordinaires.

M. HATON. — M. Roy vient d'émettre une idée qui a déjà été présentée hier. En combattant sa proposition, c'est-à-dire en maintenant le nom de *Poncelet*, je crois aller cependant dans ses vues. Au lieu de dire par exemple: chevaux métriques indiqués qui correspondent à tant d'anciens chevaux-frein, ce qui serait compliqué, on dira *poni-çæc i nse qués* correspondant à tant de chevaux-frein; cela sera beaucoup plus simple.

M. CASTILLO voudrait que l'on conservât le mot « cheval métrique » pour bien montrer que la nouvelle unité appartient à ce merveilleux système métrique décimal qui est si admirable.

M. POLONCEAU. — Le *poncelet* ne change rien au système métrique; c'est un terme métrique tout aussi bien que le mot cheval.

M. HATON. — Dans notre proposition de vœu nous avons mis; *la puissance a pour unité le cheval de 75 kilogrammes par seconde*. On pourrait substituer la rédaction suivante: *la puissance a deux unités distinctes au gré de chacun, le cheval de 75 kilogrammètres par seconde et le poncelet de 100 kilogrammètres par seconde*.

M. SYLOKOSSITCH voudrait que la nouvelle unité de puissance fût désignée par un nom grec, au lieu d'un nom d'un grand savant qui peut avoir, dans une langue étrangère, une signification ridicule, et parce que l'habitude de désigner des unités scientifiques par des noms propres pourrait avoir pour conséquence de priver la science de son caractère d'universalité et d'impersonnalité.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir fait remarquer qu'en électricité on a fait usage de noms propres, le Watt, l'Ampère, par exemple, met aux voix les propositions de la commission avec l'addition proposée par MM. Haton et Hospitalier.

Ces propositions sont adoptées par le Congrès.

M. HATON, comme organe de la même commission, donne lecture d'un second projet de vœu proposé par elle:

Considérant qu'il y a grand intérêt à ce que les mécaniciens puissent profiter des résultats d'expériences entreprises dans tous les pays, le Congrès de mécanique appliquée émet le vœu que les résultats en soient présentés sous la même forme; il y a lieu, notamment, de convenir d'une règle fixe pour évaluer le rendement des chaudières, en acceptant des températures déterminées pour l'eau d'alimentation et la vapeur produite, et de déduire, du poids de combustible brûlé, les cendres qu'il contient en proportion variable.

Pour les machines, il y a lieu de comprendre dans la consommation toute eau consommée dans les enveloppes, sauf à tenir compte de la chaleur qu'elle permet de récupérer lorsqu'elle retourne à la chaudière et que sa température est supérieure à celle de l'alimentation.

M. STAFFER. — Je crois qu'il faudrait indiquer tout de suite quelles températures on pourra prendre.

M. HATON. — M. Boulvin a cité des expériences pour lesquelles on prenait 100 degrés.

M. D'ALLEST. — En Angleterre on prend 212° Fahrenheit, ce qui correspond à 100° centigrades, on compte l'alimentation à 100° et on vaporise également à 100°. — On pourrait adopter également ce dernier nombre.

M. ROLAND. — Vous allez créer pour le rendement une nouvelle unité. Je crois qu'on peut très bien exprimer la qualité d'une chaudière en disant qu'elle a utilisé tant de calories par kilogramme de charbon brûlé.

M. BOULVIN. — Quand on exprime le rendement, c'est le rapport du poids de vapeur produit au poids de combustible employé.

Je crois qu'il y a beaucoup de raisons pour adopter la proposition de M. d'Allest, à savoir, qu'on prendrait l'eau d'alimentation à 100° et la vapeur produite également à 100°.

M. POLONCEAU. — Je crois, Messieurs, que la question est encore un peu trop vague pour formuler un vœu qui n'aurait pas de portée pratique.

Ensuite, la vapeur a toujours plus de 100° dans la chaudière.

M. D'ALLEST. — Il est logique de prendre 100°; en tous cas la transformation, quel que soit le timbre, est toujours extrêmement simple; il suffit de prendre le rapport des deux λ (1).

Il y a encore une raison pour cela, c'est qu'en Angleterre ce chiffre de 100° est adopté comme eau d'alimentation et comme vaporisation.

M. HIRSCH. — De la discussion qui vient d'avoir lieu, je crois qu'on peut

1. $\lambda = 606,5 + 0,305 T - C$.

en déduire une conséquence, c'est que la question n'est pas suffisamment mûre, et par conséquent, en présence de cette incertitude, je crois qu'il serait prématuré d'émettre un vœu ferme, qui évidemment ne lierait personne. D'un autre côté, je crois que l'adoption de ce vœu aurait pour résultat d'amoinrir le vœu très important qui vient d'être émis tout à l'heure lequel sera je crois, accepté universellement et fera loi, d'ici à quelques années, parmi les mécaniciens.

M. HATON. — Je dois maintenir la formule que j'ai transmise au congrès, mais je voudrais bien que M. Boulvin vint soutenir cette proposition dont il a eu l'initiative.

M. BOULVIN. — J'ai hésité hier déjà à la soutenir, précisément à cause de sa forme vague. C'était le genre de travaux auxquels nous nous étions livrés qui m'avait porté à exprimer le désir d'avoir des unités thermiques uniformes ; j'ai dit également qu'il y aurait lieu de convenir d'un terme pour exprimer le résultat de certains essais.

Je dois dire que ce vœu n'a aucun rapport avec celui que nous avons adopté tout à l'heure ; il n'aurait d'importance que s'il pouvait avoir une sanction pratique ; s'il ne peut pas en avoir, ce que je crois, il suffit que la question ait été soulevée, je n'insiste pas pour la maintenir.

M. HATON. — Le Congrès ne pourrait-il pas, dans son procès-verbal, dire qu'il n'a pas assez de données pour trancher une question de cette importance, mais qu'il désire que, dans un nouveau Congrès, elle puisse être reprise.

Le Congrès, consulté, est de cet avis.

L'ordre du jour étant épuisé, M. le Président prononce l'allocution suivante :

« MESSIEURS,

« Je dois vous renouveler les remerciements que j'ai eu l'honneur de vous présenter, lors de notre première séance, pour le concours que vous nous avez apporté ; concours qui a été, comme vous l'avez vu, des plus utiles. J'ose espérer que le Congrès n'aura pas perdu son temps.

« Tous les membres du Congrès ont travaillé à son succès, et d'abord les rapporteurs, qui vous ont présenté des rapports très étudiés, très complets, et que vous avez pu apprécier ; ces rapports sont imprimés et chacun de nous pourra en faire son profit ; ils ont amené des discussions importantes et produit des résultats. En nous reportant d'abord à l'unification du cheval-vapeur, vous en êtes arrivés à préciser certains points, à proscrire le cheval nominal, admettre comme unité le *cheval* de 75 kilogrammètres et, je me hâte d'ajouter maintenant, le *poncelet*,

on saura ce que cela veut dire ; vous avez témoigné une préférence justifiée pour le cheval indiqué tout en ne proscrivant pas le cheval effectif, quand on peut le mesurer.

« Si nous passons à la communication si importante de M. Cornut sur les essais des substances métalliques, vous avez, à ce sujet, formulé différents vœux ; vous avez d'abord exprimé celui que le Gouvernement veuille bien provoquer auprès des gouvernements étrangers la formation d'une commission internationale qui serait chargée de tâcher d'établir des unités communes pour la mesure des résultats des essais de résistance des corps métalliques employés dans les machines, et autant que possible l'uniformité des méthodes d'essais. Vous avez aussi formulé, auprès du Gouvernement, cet autre vœu de la création et de l'extension des laboratoires d'essais, non-seulement au point de vue de la résistance des matériaux, mais encore sous le rapport expérimental des machines, pour tous les résultats qui peuvent intéresser l'industrie.

« Messieurs, nous ne laisserons pas tomber ces vœux dans l'oubli, nous les avons transmis, dès jeudi, aux ministres que la question concerne ; nous n'avons donc pas perdu de temps à réaliser, dans la mesure du possible, les vœux émis par le Congrès.

« Si nous passons ensuite à la question traitée par M. Richard, dans son rapport, vous avez émis à ce sujet un vœu fort important sur la récapitulation des propriétés physiques ou chimiques des différentes substances employées pour la production artificielle du froid. Ce vœu, évidemment, ne peut être transmis à aucun ministre, mais il sera publié dans le compte-rendu des séances du Congrès et quand on créera ces différents laboratoires d'essais, on s'arrangera de manière à donner satisfaction à ce vœu, utile au point de vue industriel et au point de vue scientifique.

« Il y avait à l'ordre du jour la question fort importante du fonctionnement de la vapeur par détente dans divers cylindres successifs. Il n'y a pas eu de vœu formulé par le Congrès sur cette question ; et, à vrai dire, on ne pouvait guère s'attendre à ce qu'il y en eût ; on sait ce que l'expérience a donné pour de très nombreux essais ; on sait qu'il y a encore des doutes sous certains rapports ; on ne pouvait donc pas formuler un vœu qui fût sanctionné par une prescription quelconque. La discussion a porté sur beaucoup de points, elle a fait voir les nombreux avantages du système compoud, comme, dans certains cas, ses inconvénients ; c'est là une question d'expérience ; les ingénieurs se font à eux-mêmes une opinion à la longue par la comparaison des résultats qu'ils ont obtenus avec ce qui se fait ailleurs. C'est ainsi que les choses peuvent arriver à des résultats pratiques et durables ; c'est le temps et l'expé-

rience qui triompheront. Mais les discussions n'auront pas été perdues ; toutes les communications qui ont été amenées à l'occasion de cette discussion, par exemple sur les effets de certains sels contenus dans l'eau de mer, serviront à asseoir une opinion définitive.

« Maintenant, Messieurs, à côté des rapports relatifs aux questions du programme, vous avez eu les conférences très importantes de trois de nos collègues. Vous avez vu d'abord, par le rapport de M. Bour, l'énorme importance de ces associations de propriétaires d'appareils à vapeur ; vous avez pu constater par les chiffres qu'il a donnés le rôle, important qu'elles jouent, tant au point de vue des questions de sécurité que des questions économiques, de sorte qu'on a pu dire, comme l'a fait M. Bour, que les ingénieurs de ces associations étaient de véritables ingénieurs conseils.

« Ensuite, vous avez eu la conférence de M. Polonceau sur les machines à vapeur ; on peut dire que c'est un traité de la machine à vapeur actuelle. J'ai seulement témoigné le regret qu'il n'y fût pas question des locomotives, sur lesquelles, plus que tout autre, M. Polonceau aurait pu donner des détails intéressants, ce que vous avez pu constater en visitant la galerie des chemins de fer ; mais le rapport de M. Polonceau est déjà d'une longueur qui n'est égalée que par son importance.

« Enfin, hier, vous avez entendu le rapport de M. Olry sur les chaudières multitubulaires. C'est un véritable traité sur ces chaudières, dont les principaux points ont été examinés avec une compétence absolue, et l'on sera très heureux de trouver tous ces documents dans les comptes-rendus des séances du Congrès ; ce sera une publication qui, j'ose le croire, sera très appréciée. Il n'y a pas que les rapporteurs et les conférenciers qui aient travaillé, mais vous tous, Messieurs ; vous avez fait partie des sections dont vous avez entendu les comptes-rendus, comptes-rendus qui prouvent combien ces sections ont utilement employé leur temps.

« Par conséquent, je crois pouvoir dire que le Congrès a payé tout entier de sa personne.

« Les résultats de ces études seront, je crois, très appréciés, non-seulement par le Congrès lui-même, mais aussi en dehors.

« Maintenant, Messieurs, je voudrais vous prier de voter des remerciements à deux secrétaires qui ont joué un rôle très utile avec beaucoup de zèle, d'abnégation et de dévouement depuis l'origine : d'abord M. Boudenoot qui, dès la création, a été pour ainsi dire, la cheville ouvrière du Congrès ; il s'en est occupé avec un zèle et un dévouement de tous les instants, et s'il nous manque au dernier moment, c'est pour un motif particulier et devant lequel, naturellement, nous devons nous

incliner. Mais nous avons été bien heureux d'avoir au moment même le concours de M. Tresca, concours des plus dévoués, des plus actifs. Vous avez pu voir, Messieurs, combien ces procès-verbaux sont bien rédigés ; il y a lieu d'admirer la précision avec laquelle M. Tresca mentionnait les faits énoncés dans les rapports, les explications techniques et scientifiques ; il représentait avec une exactitude parfaite tous les raisonnements, toutes les parties techniques des rapports. Ajoutez à cela un zèle de tous les instants, et je crois, Messieurs, que vous serez d'accord avec moi pour voter à l'unanimité des remerciements à nos deux excellents secrétaires, MM. Boudenoot et Tresca. » (*Applaudissements*).

M. TRESCA. — Messieurs, je suis très touché de la manière dont M. le Président a voulu reconnaître la modeste part que j'ai prise à vos travaux. Je l'en remercie profondément, et je vous suis reconnaissant des marques d'approbation que vous voulez bien me témoigner.

Je me hâte de dire qu'ayant accepté les fonctions de secrétaire du comité d'organisation et du Congrès, j'en avais accepté, en même temps, toutes les charges, je n'ai fait que remplir strictement mon devoir.

M. LE PRÉSIDENT. — Avant de prendre congé, les circonstances nous forcent à vous demander certains pouvoirs : d'abord pour l'approbation du procès-verbal de la séance d'aujourd'hui, et puis pour les publications relatives au Congrès.

Nous vous demandons donc de vouloir bien approuver par anticipation le procès-verbal de la séance d'aujourd'hui, et, de plus, nous vous demandons de nous donner tous les pouvoirs pour diriger la publication des comptes rendus des séances, ainsi que des différents travaux présentés, au mieux des intérêts du Congrès.

Ces propositions sont adoptées par le Congrès.

M. KRAFT. — Permettez-moi de remercier nos collègues français de la cordialité, de la bienveillance et de la courtoisie toutes françaises avec lesquelles nous avons été reçus. Aussi, je ne vous dis pas adieu, mais au revoir. (*Applaudissements*.)

M. CASALONGA. — Avant de nous séparer, il me semble que nous devons bien des remerciements au président du Congrès, ainsi qu'à nos présidents de section, qui ont tous fait preuve de dévouement. (*Applaudissements*.)

La séance est levée à 11 heures 1/2.

VŒUX FORMULÉS PAR LE CONGRÈS

I. Les membres du Congrès de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le gouvernement français prenne, auprès des gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une commission internationale, ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux, et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essais.

II. Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y ait lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique, tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

III. Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides utilisés dans les appareils à produire le froid.

IV. Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal ».

V. Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein ; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.

VI. Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscribit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2. Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3. Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

4. En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité le *kilogramme* défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le *kilogrammètre*.

La *puissance* a deux unités distinctes au gré de chacun : le *cheval* de 75 kilogrammètres par seconde, et le *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde.

5. L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité. On l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. On se rend bien compte dans ce qui précède que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA PREMIÈRE SECTION

Séance du 16 septembre 1889

PRÉSIDENTE de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, PRÉSIDENT.

VICE-PRÉSIDENTS : MM. GOTTSCHALK, POLONCEAU.

SECRETÉAIRE : M. D. A. CASALONGA.

La séance est ouverte à l'issue de la réunion générale à 10 h. 1/2.
M. GOTTSCHALK, résume par une note succincte, un travail important, remis par M. Dwelshauvers-Dery, sur les moyens d'économiser la vapeur dans les machines à un cylindre.

Le savant professeur de mécanique appliquée à l'Université de Liège voudrait ériger en principe que :

Le maximum d'économie est obtenu lorsque la vapeur, à la fin de la détente est sèche et saturée, ou légèrement surchauffée. Dans ce cas l'action malfaisante des parois, pendant l'échappement, est réduite à un minimum.

Cela posé il s'agit de savoir : quelle est la température à entretenir dans l'enveloppe pour obtenir la siccité de la vapeur au moment de l'échappement : quelle est la substance qui donne le mieux cette température nécessaire.

S'appuyant sur les expériences de M. Hirn, avec la vapeur surchauffée, de M. Donkin sur le chauffage des enveloppes avec des flammes de gaz, sur les grandes vitesses de marche indiquées par M. Willans, M. Dwelshauvers-Dery, appuie sa méthode par une série de faits acquis représentés par des tableaux et des diagrammes qu'il applique à une machine, avec ou sans condensation, marchant avec ou sans surchauffe et à une vitesse plus ou moins rapide.

Et il conclut que :

Quel que soit le procédé employé pour diminuer l'influence nuisible des parois, le bénéfice fait sur les parois ne va pas tout entier au travail. La

majeure partie, $\frac{4}{5}$ environ, va augmenter les pertes en s'incorporant à la vapeur qui quitte le cylindre.

Des trois moyens considérés; enveloppe à gaz, surchauffe, grande vitesse, M. Dwelshauvers-Dery, préfère la surchauffe, comme plus généralement applicable, au moyen d'un surchauffeur de construction soignée, ajouté à la chaudière. Il invoque à l'appui l'exemple de la machine du Logelbach qui fonctionne à vapeur surchauffée depuis plus de 30 ans avec une consommation, par cheval heure absolu, de 6,618 kilogrammes de vapeur, celle des essais de Willams ayant été de 8,119 kilogrammes.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gottschalk, pour le résumé qu'il a bien voulu présenter du travail de M. Dwelshauvers-Dery, et il regrette l'absence de l'auteur, auquel le repos est nécessaire en raison du travail auquel il a été astreint comme membre du jury.

Sous réserve de l'acceptation par le Congrès, la section exprime le vœu que le mémoire de M. Dwelshauvers-Dery soit imprimé in-extenso ou en extrait.

Une discussion s'engage entre divers membres de la section au sujet des idées émises par M. Dwelshauvers-Dery, et notamment au sujet de la surchauffe de la vapeur.

Il ne semble pas à M. Stapfer qu'il faille comparer la machine du Logelbach aux machines compound actuelles, ni celles-ci aux machines à grandes vitesses de Willams qui ne peuvent être économiques. La surchauffe a pu donner quelques résultats dans les premières machines à basse pression. Mais aux hautes pressions, avec des températures initiales de 180 à 190°; la surchauffe ne peut guère être employée en raison du grippage des pièces.

M. A. MALLET est de cet avis. Toutes les tentatives faites avec la surchauffe ont échoué; et la machine du Logelbach n'a pas, qu'il le sache, servi de type reproducteur.

M. BOULVIN fait observer que M. Dwelshauvers-Dery a indiqué, en outre de la surchauffe, d'autres moyens, tels que le chauffage de l'enveloppe et l'accroissement de la vitesse. Il fait remarquer que la machine du Logelbach, était à quatre distributeurs, ainsi que l'ont été depuis les machines Corliss; et il se demande s'il n'y aurait pas un certain avantage à provoquer une légère surchauffe de la vapeur par étranglement des orifices d'admission.

Revenant sur l'opinion exprimée par M. Dwelshauvers-Dery, que les $\frac{4}{5}$ de la chaleur fournie par les parois chauffées de l'enveloppe, passe au condenseur, M. Bonjour émet l'opinion que, pour deux cylindres égaux, si la pression finale est la même, la quantité de chaleur envoyée au con-

denseur sera la même, qu'il y ait eu, ou non, transmission de chaleur par les parois.

M. POLONCEAU fait remarquer que les avantages d'une certaine surchauffe sont généralement admis, et on cherche à les acquérir dans les locomotives sur lesquelles divers essais ont été faits. Il faut seulement se garder de surchauffer avec excès, pour éviter le grippage des pièces, ce qui arrive surtout en rampe, et si le graissage n'est pas parfaitement fait, ou si on néglige d'humecter un peu la vapeur en injectant un peu d'eau, au moyen de l'appareil Le Châtelier.

M. JOUVET rappelle que dès 1858, M. Benjamin Normand, fit au Havre, des essais sur une machine compound de l'Alcide marchant au petit cylindre à la pression de 1 atm. 1/2 environ. La température de la vapeur était relevée, par surchauffe, à son entrée dans le grand cylindre, au moyen d'un appareil tubulaire traversé par de la vapeur à 7 atmosphères. L'économie fut trouvée égale à 17 %.

Des essais analogues appliqués à la machine compound du Furet, où le petit cylindre marchait à 2 atmosphères ont fait obtenir une consommation de 6 kil. 1/2 de vapeur comme à la machine du Logelbach.

On a cependant renoncé à la surchauffe, dans la Marine, parce que l'appareil surchauffeur ne tardait pas à s'altérer et à perdre l'économie qu'il assurait par ailleurs.

M. LE PRÉSIDENT exprime l'espoir que, grâce aux progrès faits par la construction et dans les appareils de graissage, la surchauffe de la vapeur, faite dans des conditions modérées pourra être reprise et procurer des avantages économiques.

M. GOTTSCHALK constate que l'on arrive, par la discussion, à la même conclusion que M. Dwelshauvers-Dery : que la surchauffe est bonne.

M. BOULVIN regrette que la question de l'influence due à l'étranglement de la vapeur dans son passage à travers le distributeur, n'ait pas été mise en discussion devant le Congrès. Il se demande si les avantages attribués aux machines Corliss résultent bien, comme on l'a admis, de la suppression de l'étranglement.

Dans les machines à soupapes, pouvant marcher à une allure plus vive, et où il y a danger à donner à ces soupapes de trop grands diamètres, l'étranglement de la vapeur existe certainement, et cependant ces machines sont économiques.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que, il y a déjà 15 ans, M. Marcel Deprez avait exprimé une opinion analogue au sujet de l'étranglement de la vapeur.

M. POLONCEAU pense que le laminage de la vapeur n'a pas d'inconvé-

nient; mais il faut le restreindre entre certaines limites; on ne peut rien en dire d'absolu.

A la question posée par un membre : Doit-on avoir peur de l'étranglement? M. Stapfer fait remarquer qu'il faut distinguer entre l'étranglement qui se produit en un point quelconque du tuyau, et celui qui se produit au passage du distributeur. Pour ce dernier genre d'étranglement il fait remarquer que beaucoup d'ingénieurs pensent qu'il n'y a pas surchauffe et que la vapeur se détend simplement sans recevoir de chaleur de la chaudière.

M. ROLAND exprime l'avis qu'il serait désirable que les expérimentateurs s'accordassent pour mesurer le rendement des machines à vapeur de la même manière. C'est ainsi que la vapeur condensée par l'enveloppe n'est souvent pas comptée; et cependant cette condensation constitue un criterium sûr. Il estime que la condensation, dans l'enveloppe, de un kilogramme de vapeur, diminue de beaucoup plus la quantité de vapeur dépensée dans le cylindre.

La discussion étant revenue sur la surchauffe de la vapeur, M. Polonceau informe la section que des expériences se font en ce moment au chemin de fer d'Orléans, en produisant de la vapeur à 15 kilogrammes et en disposant un détenteur entre la chaudière et le cylindre, auquel on fait arriver de la vapeur à 11 ou 12 kilogrammes. On s'assure ainsi l'économie résultant de la haute pression et on admet dans le cylindre une vapeur n'offrant aucun danger pour le mécanisme.

La séance est levée à 11 h. 3/4.

Séance du 17 septembre 1889

PRÉSIDENCE de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, PRÉSIDENT,
SECRÉTAIRE M. BOYER.

La séance est ouverte à 9 heures du matin.

M. CASALONGA lit le procès verbal de la séance du 16 septembre.

Sous réserve d'observations présentées par MM. Boulvin et Stapfer le procès-verbal est adopté.

M. DUBOST a la parole au sujet de sa communication sur l'épure de distribution rigoureusement exacte.

Le procédé DUBOST consiste à tenir compte, dans l'étude d'une distribution, de la correction due à l'obliquité des bielles.

Après avoir rappelé les procédés Zeuner, Marcel Deprez, Reuleaux, M. Dubost indique le tracé Claeys qui permet, par une construction géométrique assez simple, d'avoir la position de l'extrémité de la bielle par rapport à la manivelle, en tenant compte de l'obliquité de la bielle; mais on ne peut pas faire, par ce procédé, la construction inverse.

M. DUBOST démontre le théorème suivant;

Une bielle de longueur L commandée par une manivelle décrivant un cercle de rayon R , les positions réciproques de l'extrémité de la bielle et de la position du tourillon de la manivelle sur la direction du mouvement, sont données, à la longueur de bielle près, par la perspective sur un diamètre d'une demi corde parallèle $= \frac{R^2}{L}$, le point de vue se déplaçant sur la circonférence.

Cette propriété est appliquée à l'épure de Reuleaux que M. Dubost préfère à l'épure de Zeuner à cause de la difficulté qu'on a de tracer les rayons vecteurs qui sont déterminés par le cercle décrit avec un rayon égal au recouvrement extérieur toujours très faible.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Dubost de son intéressante communication.

M. BONJOUR vient donner le tracé de MM. Coste et Maniquet qui tient compte aussi de l'obliquité des bielles, et qui d'après M. Bonjour est d'une rapidité très grande.

M. DUBOST, qui admet la grande valeur de la méthode, constate que le tracé de gabarits en papier ayant le rayon de la bielle est assez long et qu'il faut une certaine habitude pour les manier facilement.

La séance est levée à 11 heures.

Séance du 18 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE MM. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, PRÉSIDENT

SECRETÉAIRE, M. LATTÈS.

La séance est ouverte à 2 heures.

Le procès verbal de la séance du 17 septembre, lu par M. Boyer, secrétaire, est adopté.

M. DE QUILLACQ, ingénieur-mécanicien à Anzin, expose la nouvelle disposition de 1885 des machines Wheelock.

Les tiroirs uniques de l'ancien type qui parfois frottaient durement dans leurs boisseaux ou laissaient fuir la vapeur, sont remplacés par les tiroirs à grilles.

Grâce à la multiplicité des lumières que présente le nouvel organe de distribution, il suffit d'un mouvement de peu d'amplitude pour ouvrir à la vapeur un passage de grande section.

L'étroitesse des bandes de contact permet à la vapeur d'agir sous la grille, dès que celle-ci a subi un léger déplacement.

Ce tiroir possède une très grande douceur de mouvement unie à une grande vitesse d'action; il obéit à l'action du régulateur de vitesse, l'espace nuisible est réduit à un demi pour cent. Enfin le tiroir et sa glace forment une pièce facilement amovible, qu'on peut enlever en peu d'instant pour la visiter ou la réparer ou qu'on peut remplacer rapidement par une pièce en bon état, tenue en réserve pour échange.

Cette machine peut atteindre 100 à 120 tours.

M. DE QUILLACQ croit devoir rappeler qu'il a construit et fait breveter en 1886 une machine à déclié ne présentant que deux distributeurs.

M. STÄPFER demande quelques explications complémentaires qui lui sont fournies par M. de Quillacq fils.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Quillacq, et, en l'absence de M. Mayer donne la parole à M. Raffard.

Après quelques considérations générales sur les principaux organes des machines à vapeur, l'arbre, la manivelle, la bielle et le volant, M. Raffard expose les inconvénients que présente la disposition en porte à faux de l'arbre, signale une disposition susceptible de supprimer ces inconvénients et permettant de réduire d'un sixième le diamètre de l'arbre sans compromettre sa solidité.

M. RAFFARD indique aussi une nouvelle disposition de la manivelle, qu'il nomme *manivelle retournée* et qui lui semble de nature à supprimer les inconvénients de la manivelle en porte à faux, puis après avoir montré les dispositions habituellement usitées pour l'établissement des volants, signale celle qu'il y aurait lieu d'adopter pour conserver des volants puissants qui assurent la régularité du mouvement sans augmenter pour cela les résistances passives.

La séance est levée à 3 h. 1/4.

Séance du 19 septembre 1889

PRÉSIDENT DE M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, PRÉSIDENT
SECRETARE, M. LATTÈS

La séance est ouverte à 2 heures.

M. LATTÈS, secrétaire, donne lecture du procès verbal de la séance du 18, qui est adopté sans observation.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. de Landsée pour sa communication sur un nouveau type de machine à vapeur accouplée dit « type compound français ».

M. DE LANDSÉE constate qu'une machine *compound ordinaire* avec grand et petit cylindre, est essentiellement économique ; mais ce résultat n'est obtenu qu'en portant préjudice aux conditions essentielles de la *puissance maximum*. Appliqué aux locomotives ce type présente le très grave inconvénient d'un démarrage lent et difficile.

La présence d'un grand et d'un petit cylindre dans une machine compound est-elle indispensable pour que cette machine marche économiquement ?

M. DE LANDSÉE ne considère pas comme justifiée la différence de diamètre des deux cylindres et il démontre : par une série d'épures, qu'une machine à vapeur accouplée à deux cylindres d'égal diamètre, qu'il a désignée sous le nom de compound français, réunit les *desiderata* d'une bonne machine, c'est-à-dire la possibilité de produire facilement la puissance maximum et la possibilité de marcher économiquement.

Indépendamment de l'application de ce nouveau type aux machines nouvelles, il peut être employé dans les machines existantes, moyennant une transformation très facile et très simple, à la condition que ces machines disposent de deux cylindres de diamètres égaux avec manivelles calées à angle droit, et que la distribution de vapeur soit unique pour les deux cylindres.

Toutes les machines remplissant ces conditions, et notamment la grande majorité des locomotives actuellement en service, pourront, par une transformation simple et facile en type *compound français*, bénéficier largement des avantages économiques de ce système, sans perdre, comme avec les machines compound ordinaires, la faculté de pouvoir mettre éventuellement leur force maximum en évidence.

Dans le mémoire qu'il dépose sur le bureau, M. de Landsée donne la description détaillée de son type de machine et il examine successivement : 1° la marche de cette machine au point de vue des effets produits par la vapeur, 2° le travail de la vapeur pendant la détente dans le cylindre à haute pression et dans le cylindre à basse pression.

Il donne la comparaison du travail de la machine *compound français* avec la machine *compound* ordinaire, et fournit de nombreux renseignements intéressants et détaillés sur son appareil, ses applications et les résultats obtenus jusqu'à ce jour dans la pratique.

M. BONJOUR présente un fort intéressant travail sur un nouveau procédé de commande des tiroirs de distribution au moyen de l'orientation facultative du collier d'excentrique.

Considérant le mode actuellement usité de commande des tiroirs de distribution et de détente dans laquelle existe une liaison rigide entre le collier d'excentrique, ce point décrira pendant le mouvement de rotation une courbe plus ou moins déformée suivant que l'obliquité de la bielle de traction du tiroir sera plus ou moins grande. Dans ce cas, il est possible de greffer sur le collier d'excentrique la commande d'un deuxième tiroir avec des angles de calage différents de celui du tiroir principal, mais alors il est indispensable que la direction du mouvement du tiroir soit perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre moteur, et de plus, il faut avoir recours à des renvois de mouvement pour ramener ce deuxième tiroir parallèlement au tiroir principal. Même avec cette complication, le mouvement de ce deuxième tiroir ne peut être rendu variable que par l'addition d'un deuxième mécanisme.

Si l'on supprime la liaison rigide qui existe entre le collier d'excentrique et la barre de traction du tiroir et, que l'on articule cette barre de traction sur le collier, de telle sorte que ledit collier puisse recevoir des déplacements angulaires pour un point déterminé du collier, point guidé par un collier d'excentrique, tous les points différents du collier décrivent des courbes absolument différentes.

Une particularité très remarquable de ce procédé à signaler, c'est qu'il suffit de déplacer, d'un angle très faible, la direction de la coulisse d'orientation pour obtenir, sur un même point du collier d'excentrique, des courbes très différentes pouvant par suite produire directement et sans renvois, la variabilité du mouvement du tiroir.

Il résulte donc de ce fait qu'en choisissant des points convenables sur le collier d'excentrique, on peut établir une distribution analogue à celle de Meyer et faire varier dans des limites aussi étendues que possible les admissions par la seule action du régulateur.

M. BONJOUR fait passer sous les yeux des membres du Congrès une

dizaine d'épures représentant les courbes très différentes obtenues suivant les cas, depuis la forme de ∞ allongé jusqu'à la courbe presque triangulaire et aux ellipses de toute forme, et il démontre que, suivant la position de la coulisse d'orientation, le tiroir peut prendre une direction différente, soit continuer son mouvement en avant, soit revenir en arrière.

M. BONJOUR montre un modèle en bois de la distribution d'une machine de 25 chevaux figurant à l'Exposition universelle, dans le pavillon de la Compagnie des fonderies et forges de l'Harve : les deux tiroirs de distribution et de détente sont actionnés directement par le collier d'un seul excentrique.

M. BOULVIN fait observer que dans les distributions de Haywort, Marschal, Gluck, Finck et autres, on peut également obtenir le changement de marche et la détente même avec une coulisse d'orientation.

Pour répondre à cette objection, M. Bonjour fait ressortir la différence qui existe entre son procédé et les différents procédés indiqués par M. Boulvin.

Dans ces derniers systèmes, la coulisse n'agit pas directement sur le collier d'excentrique, mais bien sur un levier et souvent en un point assez éloigné de ce collier d'excentrique, il n'est donc pas possible de faire varier le mouvement initial que dans de faibles proportions ; tandis qu'en agissant directement sur le collier et, par conséquent, très près du mouvement initial, on obtient des variations permettant de réaliser les mouvements les plus compliqués.

A l'appui de son assertion, M. Bonjour soumet aux membres du Congrès des courbes de régulation extrêmement remarquables, montrant, qu'avec un tiroir unique, il est possible de faire varier la durée de l'admission entre 0 et 70 % de la course du piston, tout en laissant la compression et les avances à l'échappement sensiblement constantes, étant donné que pour une admission de 5 %, par exemple, la compression ne dépasse pas 12 % et l'avance à l'échappement 8 %.

M. BONJOUR est heureux d'offrir au Congrès la primeur de ce dernier travail.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bonjour de sa fort intéressante communication.

La séance est levée à 3 h. 1/4.

V. Séance du 20 septembre 1889

PRÉSIDENCE DE M. POLONCEAU, VICE-PRÉSIDENT

SECRETÉAIRE : M. BOYER.

La séance est ouverte à 1 h. 1/2.

Le procès verbal de la séance du 19 septembre est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Ad. Meyer s'excusant de n'avoir pu venir faire sa communication.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Richard pour sa communication sur les enregistreurs.

M. RICHARD rappelle d'abord l'utilité et les services rendus par les enregistreurs dans l'industrie.

Il indique ensuite le principe de son appareil destiné à donner soit un produit, soit un quotient, ce qui permet un grand nombre d'applications fort ingénieuses.

Le résultat se lit d'après les déplacements d'une molette qui roule sur un plateau animé d'un mouvement A. Cette molette commande une vis crémaillère qui attaque une roue tangentielle animée d'un mouvement B.

La molette, sous l'action des deux mouvements, prend une position d'équilibre donnant $\alpha = \frac{B}{A}$

M. RICHARD a appliqué ce système 1° à un indicateur de vitesse absolue, ou cinémomètre, dans lequel la prise de vitesse, qui a besoin d'être constante, a été faite, d'après les conseils de M. Napoli, par un petit pendule de Foucault ; 2° un indicateur de travail.

Ce dernier appareil est dérivé du dynamomètre de White. Au lieu de poids on a pris un sommier à air muni d'un manomètre.

La roue tangentielle se déploie proportionnellement au nombre de tours du manomètre, le plateau tourne proportionnellement au nombre de tours de la machine, on en déduirait le travail par simple lecture. Mais comme il est plus utile d'avoir le travail *par seconde*, on a adjoint à l'appareil une horloge, et on obtient une courbe dont les abscisses représentent *les temps* et les ordonnées les *kilogrammètres-secondes*.

Dans le même ordre d'idées MM. Richard ont construit un appareil permettant de mesurer la quantité de gaz riche contenu dans un mélange donné ;

Un appareil permettant de mesurer la vitesse de rotation d'une roue ou d'un volant à distance ;

Un planimètre.

Tous ces appareils sont fort habilement conçus et sont appelés à rendre de grands services.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Richard et donne la parole à M. Arnoux pour sa communication sur les régulateurs à force centrifuge.

M. ARNOUX fait l'historique des pendules isochrones et établit une théorie du régulateur. Il écrit l'équilibre des forces qui entrent en jeu et considère ensuite le moment où on a une rupture d'équilibre dynamique. Il en déduit les variations qu'il faut obtenir pour avoir les diverses allures des régulateurs.

M. ARNOUX conclut en disant que : 1° les boules doivent avoir la plus grande vitesse possible ; 2° la course du manchon doit être réduite au minimum.

M. ARNOUX décrit divers régulateurs en usage et indique quelques précautions pratiques à prendre dans la construction des régulateurs.

M. ARNOUX aborde ensuite la question de la balance dynamométrique, inventée par M. Carpentier et modifiée par M. Raffard. M. ARNOUX propose encore une amélioration. Cette balance, dont l'emploi est réduit jusqu'ici à l'essai des machines dynamos, est destinée à se répandre beaucoup d'après M. Arnoux. M. Marcel Deprez s'en servait dans ses expériences de Creil. Elle présente moins de danger, est bien plus maniable qu'un frein de Prouy et présente beaucoup moins de chances d'erreur.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Arnoux de son intéressante communication et la séance est levée à trois heures.

*Pièce annexée au Procès-verbal de la Première Section
du 16 Septembre 1889*

M. Bonjour présente l'observation suivante :

Lorsqu'on emploie de la vapeur saturée dans les machines comportant une enveloppe de vapeur, la totalité des calories envoyées au condenseur, ne peut, à notre avis, être supérieure à celle ainsi perdue par les machines sans enveloppe, si la pression finale reste constante.

Comme la quantité de chaleur totale contenue dans la vapeur, reste, dans l'un et l'autre cas, en concordance avec la température correspondant à cette pression, l'emploi de l'enveloppe a surtout pour objet, d'empêcher les chûtes de pression pendant la période de détente.

Ainsi que l'ont démontré les expériences de MM. M. Hirn et Dewelshauvers-Dery, si la machine n'a pas d'enveloppe de vapeur, l'eau déposée à l'état vésiculaire sur les parois du cylindre se vaporise instantanément lors de l'ouverture à l'évacuation, et, par ce fait, entraîne au condenseur, une quantité notable de calories.

Etant donné, qu'un cinquième environ des calories contenues dans la vapeur introduite dans le cylindre est transformé en travail mécanique, alors que, au contraire, les calories cédées par l'enveloppe sont utilisées en totalité ; il nous paraît avantageux de transmettre ainsi, à la vapeur en travail dans le cylindre, le plus de calories possible.

C'est par une considération du même ordre que nous sommes partisans de la méthode prescrivant de réchauffer les parois du réservoir intermédiaire dans les machines à cylindres successifs.

S'il a été constaté, que l'emploi des enveloppes était surtout efficace dans les machines employant de la vapeur à moyenne pression, cela tient évidemment, à ce que la vapeur cède ou absorbe, d'autant plus facilement la chaleur, qu'elle se trouve à une température plus rapprochée de son point de liquéfaction.

En résumé :

A pression finale constante, la quantité de calories envoyées au condenseur étant sensiblement la même, il y a tout avantage à réchauffer énergiquement les parois du cylindre, quoiqu'une partie de la chaleur ainsi cédée par ces parois à la vapeur en travail soit perdue car, par ce moyen, on obtient un travail mécanique équivalent, tout en employant une admission plus faible.

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA DEUXIÈME SECTION

Séance du 16 septembre 1889.

La section se réunit pour procéder à l'élection de son bureau.

La présidence est d'abord offerte à M. Phillips, par acclamation.

M. PHILLIPS remercie les membres de la section et déclare qu'il regrette

de ne pouvoir accepter la présidence ; il lui sera impossible d'assister régulièrement aux séances de la section ; il se réservera pour les séances générales du Congrès.

Ont été nommés par acclamation :

M. SAUVAGE, président.

MM. BÉLÉLCBSKY et BOUR, vice-présidents.

MM. PINGET, SVILOKOSSITCH et MARIÉ, secrétaires.

M. SAUVAGE remercie les membres de la section au nom du bureau.

M. LE PRÉSIDENT propose de se conformer au programme imprimé ; comme il n'y a aucune question à l'ordre du jour du 16 septembre, il y a lieu de lever la séance ; demain mardi on entendra les communications annoncées.

La proposition est adoptée et la séance est levée.

Séance du 17 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. SAUVAGE, PRÉSIDENT ;

SECRETAIRES : MM. PINGET, SVILOKOSSITCH ET MARIÉ.

Après lecture et adoption du procès-verbal de la séance du 16 septembre, M. G. Marié, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M., fait une communication sur le frottement des cuirs emboutis et sur la mesure exacte des hautes pressions, concluant à la possibilité d'établir économiquement, avec une simple presse hydraulique, sans bascule, une excellente machine d'essai, assez puissante pour essayer les pièces mécaniques toutes faites les plus résistantes.

Après une discussion à laquelle ont pris part MM. Badois, Roussel et M. le vice-président Bour, M. Marié croit devoir ajouter les explications suivantes pour dissiper tous les malentendus auxquels sa communication pourrait donner naissance.

M. MARIÉ n'a pas voulu dire que le frottement des cuirs emboutis des presses hydrauliques fût toujours négligeable ; il y a des presses où il atteint 2 ou 3 pour cent et même davantage. Mais il est négligeable lorsque le cuir est assez bas pour qu'il se produise toujours une très

légère fuite d'eau; en d'autres termes il faut qu'il y ait lubrification par l'eau, et non grippement, ce qui est toujours facile à réaliser en donnant au cuir une faible hauteur, au plus égale à $\frac{1}{10}$ de son diamètre.

Dans ces conditions le frottement est négligeable. Bien que ce soit absolument inutile, en pratique, on peut cependant s'assurer que le frottement est négligeable dans la presse hydraulique avec laquelle on veut opérer. Pour y arriver on comprime un ressort quelconque se composant, par exemple, d'une pile de rondelles Belleville ou d'une matière élastique quelconque; puis on construit la courbe des déplacements du piston en fonction de la pression, d'abord en augmentant la pression, puis en la diminuant; si le frottement est négligeable les deux courbes coïncident dans toute leur étendue.

La section remercie M. Marié de sa communication qui est particulièrement intéressante au point de vue du frottement des cuirs emboutis; elle exprime le vœu que les expériences de M. Marié soient continuées sur les cuirs et garnitures de toutes sortes, dans les laboratoires de mécanique appliquée.

M. BOUR, vice-président, demande à la section d'émettre le vœu suivant pour compléter le précédent: *La Section, en recommandant la continuation des expériences de M. Marié, est d'avis que la faiblesse des coefficients de frottement signalés présente un grand intérêt, non seulement pour les machines d'essai de matériaux, mais pour l'industrie en général.*

Ce vœu est adopté par la section.

M. SVILOKOSSITCH donne lecture d'une note sur l'unification des méthodes d'essais des matériaux de construction.

La discussion sur cette dernière communication est renvoyée à la prochaine réunion en raison de la nécessité de lever la séance à 10 heures pour se rendre à la séance générale du Congrès.

Séance du 18 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. SAUVAGE, PRÉSIDENT,

SECRÉTAIRES: MM. PINGET, SVILOKOSSITCH ET MARIÉ.

La séance est ouverte à 2 heures.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 17 septembre.

M. LE PRÉSIDENT ouvre la discussion sur la communication de M. SVILOKOSSITCH.

M. SVILOKOSSITCH fait remarquer que dans son rapport il a emprunté beaucoup de documents aux comptes rendus des conférences de Munich et de Dresde.

M. MARIÉ ajoute les considérations suivantes sur les essais de métaux au moyen d'éprouvettes.

1° Il arrive quelquefois qu'il se produit un commencement de striction en dehors de la striction principale.

2° On peut arriver à avoir des résultats comparables même avec des éprouvettes différentes en ayant soin de tracer des points de repère de centimètre en centimètre avant l'essai et en donnant comme résultat non seulement l'allongement pour cent à la rupture de toute l'éprouvette, mais aussi l'allongement pour cent en dehors de la striction.

3° On peut comparer des éprouvettes différentes si elles sont semblables géométriquement, c'est-à-dire si le rapport de leur diamètre à leur longueur est constant.

M. VÉTILLARD fait remarquer qu'il y a des exceptions à la loi de similitude ; elles sont rares, mais il convient cependant de les signaler.

M. ROCOUR recommande l'emploi des machines qui tracent le diagramme complet ; cela répond à toutes les objections.

Pour résumer la discussion, M. le président propose à la section d'émettre le vœu suivant :

1° *Il est nécessaire de donner le plus de renseignements possibles quand on veut juger un métal par un essai.*

2° *Il est à désirer que la loi de similitude soit étudiée à nouveau dans toutes les circonstances.*

3° *La Section recommande l'emploi des machines traçant le diagramme.*

4° *La Section prend acte de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur l'unification des essais de métaux.*

Ce vœu est adopté par la Section.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. d'ALLEST pour sa communication sur l'application à la navigation des chaudières multitubulaires à très haute pression.

M. D'ALLEST commence par signaler les défauts des chaudières marines ordinaires ; d'abord il est impossible d'adopter avec elles de très hautes pressions sans arriver à des épaisseurs de tôles et à des diamètres de rivets inacceptables ; ensuite, elles manquent de circulation d'eau.

Les chaudières dans lesquelles l'eau est à l'intérieur des tubes permettent d'aborder les hautes pressions, mais elles donnent lieu, en

général, à une mauvaise combustion, moins bonne que dans les chaudières ordinaires.

M. d'Allest explique ce fait en disant que lorsque l'acide carbonique sortant du foyer se trouve immédiatement en présence de tubes froids, il se décompose en oxide de carbone et en carbone divisé, ce qui donne lieu à une perte de chaleur. Ce fait avait déjà été signalé par M. Berthelot, puis par M. Schœurer-Kestner.

M. d'Allest présente la chaudière de MM. Lagrafel et d'Allest et affirme que ce type n'a aucun des inconvénients qu'il vient de signaler, ce qui lui permet d'obtenir des chiffres avantageux de vaporisation.

D'abord, la chaudière est du type multitubulaire, avec eau dans les tubes, ce qui permet d'aborder les hautes pressions, au grand avantage de l'économie de combustible.

En second lieu, la disposition inclinée des tubes aboutissant dans deux boîtes à eau perpendiculaires aux tubes, assure une bonne circulation d'eau.

A la hauteur de la première rangée de tubes se trouve une paroi en briques pour isoler le foyer, ce qui évite la décomposition de l'acide carbonique signalée plus haut.

Pour éviter qu'une portion des tubes ne soit laissée de côté dans le passage de gaz, la capacité où se trouvent les tubes est fermée par le haut ; les gaz sortent par le bas par un orifice qui est plus étroit que l'orifice d'entrée pour tenir compte de la contraction subie par les gaz refroidis.

Enfin on a remplacé les foyers uniques par des foyers doubles, ce qui permet d'alterner les charges de combustible ;

M. D'ALLEST montre que cette disposition améliore la combustion et indique les chiffres de vaporisation.

M. ROCOUR signale la vaporisation des locomotives dans lesquelles l'eau est cependant en dehors des tubes.

M. DUBOST signale que les locomotives peuvent vaporiser jusqu'à 57 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Un membre signale des essais de M. Webb sur les chaudières de torpilleurs.

M. JOUVET explique qu'il arrive bien fréquemment que l'on donne des résultats inexacts sur la vaporisation parce qu'on termine les expériences dans des conditions différentes de celles où elles ont commencé (hauteur d'eau, pression, hauteur du feu, etc.).

M. LENCAUCHEZ exprime des doutes sur la décomposition de l'acide carbonique énoncée plus haut.

M. d'ALLEST, en terminant, fait remarquer qu'il existe des chaudières

de son type fonctionnant dans de bonnes conditions depuis plus de 15 ans.

M. LE PRÉSIDENT propose de remercier M. d'Allest de son intéressante communication. Le fait de la décomposition de l'acide carbonique signalé précédemment paraît toutefois encore obscur et il est à désirer qu'il soit éclairci.

La section appuie cette opinion.

La séance est levée à 4 heures un quart.

Séance du 19 septembre 1889.

PRÉSIDENT DE M. BOUR, VICE-PRÉSIDENT ;
SECRÉTAIRES : MM. PINGET, SVILOKOSSITCH ET MARIÉ.

Le procès verbal de la séance du 18 septembre est lu et adopté après les observations de MM. Bour, d'Allest, Sauvage et Juvet.

M. ALEXIS GODILLOT a la parole pour sa communication sur l'utilisation des mauvais combustibles par l'emploi des foyers à combustion méthodique.

Les premières recherches de M. Godillot ont porté sur les combustibles ligneux humides et pour lesquels les grilles de construction ordinaire sont insuffisantes. Pour utiliser ces combustibles qui se présentent en grande quantité comme déchets de certaines fabrications, on a dû recourir à une grille spéciale, dite grille à pavillon, qui permet une combustion méthodique des matières contenant beaucoup d'eau. Le foyer est muni en outre d'un chargeur mécanique continu et constitué d'une hélice à auget croissant mue par un cône étagé.

Après avoir décrit en détail une installation comportant le foyer dont il s'agit, M. Alexis Godillot résume les avantages de ces foyers qui, outre la marche régulière, assurent une fumivorté complète.

Passant à l'emploi des combustibles plus riches mais encombrants tels que : copeaux de menuisiers, déchets de scieries, etc. M. Alexis Godillot décrit une installation dans laquelle les foyers à combustion méthodique permettent de brûler les copeaux sans crainte d'incendie.

A l'aide d'un tableau donnant les résultats d'essais, faits pour la plu-

part par des ingénieurs des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, M. Alexis Godillot démontre que l'utilisation des matières atteint et souvent dépasse 80 %.

Enfin, pour brûler des combustibles riches, M. Alexis Godillot a imaginé une grille à bassins étagés qui rend facile le nettoyage des foyers qui s'encrassent. Des foyers de ce dernier type sont appliqués dans trois installations de générateurs à l'Exposition Universelle de 1889.

M. FOULON demande si le combustible se répartit bien sur la grille sans se concentrer dans la même zone.

M. ALEXIS GODILLOT répond que la répartition du combustible se fait dans de bonnes conditions, que cependant le combustible est entraîné quelquefois à droite, par suite du mouvement de l'hélice ; pour y remédier on a établi une plate-forme spéciale qui oblige les matières à se partager également par rapport à l'axe de la grille.

M. ROLAND pose une question concernant la variation de l'allure du feu.

M. ALEXIS GODILLOT dit que dans les cas exceptionnels et notamment pour faire monter la pression dans le générateur, le chauffeur peut intervenir pour activer le chargement du combustible, en tournant la vis à la main.

M. VÉTILLARD demande si les installations des foyers décrits, à l'Exposition Universelle, permettent de varier le soir la vitesse du chargement.

M. ALEXIS GODILLOT répond que cette vitesse peut varier dans des limites très grandes.

M. LENCAUCHEZ demande s'il ne se produit pas d'entraînement des poussières de coke dans la boîte à fumée.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que l'on peut brûler du poussier de coke en quantité parce qu'il ne bouche pas les intervalles de la grille.

M. ALEXIS GODILLOT ajoute qu'il faut le moins d'épaisseur possible de la couche du combustible se trouvant sur la grille.

M. D'ALLEST dit que l'on peut brûler des menus sur la grille en ayant recours au tirage forcé, ainsi que cela se fait dans certaines chaudières marines, mais, dans ce cas, les parcelles du combustible sont entraînées dans la boîte à fumée, ce qui arrive même lorsqu'on brûle du charbon en gros morceaux. En outre, il désirerait savoir si les Compagnies de chemin de fer et notamment la Compagnie P.-L.-M. ont essayé de brûler dans les foyers des locomotives des menus en les mouillant au préalable pour éviter l'entraînement.

M. MARIÉ répond que dans un grand nombre de chemins de fer on brûle une notable partie du combustible sous forme de menus, sans qu'il se produise un entraînement considérable dans la boîte à fumée.

Il cite en outre une pratique qui est usitée depuis longtemps en Angleterre : elle consiste à garnir le foyer des locomotives de voûtes en briques. Dans cette disposition on convertit le foyer en un véritable gazogène. La moitié de l'air passe à travers le combustible dont la couche est très épaisse; l'autre moitié de l'air passe à travers la porte qui reste toujours entre-ouverte. Par ce procédé on a augmenté sensiblement la puissance des locomotives sans augmenter le tirage, mais cela au détriment de la vaporisation par kilogramme de charbon. Les voûtes en briques sont employées à présent en France, mais dans un autre but.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que la discussion de l'intéressante communication de M. Alexis Godillot lui paraît avoir été faite avec toute l'ampleur désirable et qu'on s'éloigne beaucoup du sujet qui nous occupe en discutant les divers systèmes de foyers de locomotives. En remerciant M. Alexis Godillot des explications qu'il a bien voulu fournir aux diverses questions à lui posées, M. le Président appelle l'attention sur la nécessité d'avoir un grand nombre de résultats d'essais concernant la combustion des menus.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Huet, professeur à l'Ecole polytechnique de Delft; dans cette lettre, M. Huet s'excuse de ne pouvoir assister aux séances du Congrès et rappelle qu'il a envoyé plusieurs notes dont il prie les membres du Congrès de prendre connaissance.

Il est procédé à la lecture d'une de ces notes, intitulée : *Sur le rendement des chaudières à vapeur*, et contenant l'indication d'une méthode d'étude et de calcul des générateurs.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant M. Huet de ces intéressantes communications, pense que les notes qui n'ont pas été lues seront publiées dans les comptes-rendus du Congrès par les soins du comité d'organisation.

Sur la proposition de M. le Président, la section décide de se réunir en prochaine séance le 20 septembre, à une heure et demie du soir.

La séance est levée à trois heures 45 minutes.

Séance du 20 septembre 1889

PRÉSIDENCE DE M. SAUVAGE, PRÉSIDENT

SECRETAIRES : MM. PINGET, SVILOKOSSITCH ET MARIE

Le procès-verbal de la séance du 19 septembre est lu et adopté.

L'ordre du jour appelle successivement la communication de M. Tré-

pardoux, sur les chaudières multitubulaires, à circulation, système de Dion, Bouton et Trépardoux, et la communication de M. Rocour sur une chaudière nouvelle à petits éléments ; par suite de l'absence de ces Messieurs, M. le Président donne la parole à M. Lesourd pour une communication concernant le générateur Serpollet, à vaporisation instantanée.

M. LESOURD donne lecture d'une note dans laquelle il expose le principe fondamental et fait la description de l'appareil, dont les dimensions essentielles sont les suivantes :

Un tube long de 2 mètres, de 22 millimètres d'épaisseur totale après aplatissement, et de 105 millimètres de large, pesant 33 kilogrammes ; sa surface intérieure, surface vaporisante, est d'environ 24 décimètres carrés, et sa surface extérieure ou surface de chauffe de 36 décimètres carrés.

Ce tube, chauffé vers 200 degrés, vaporise en moyenne 15 litres d'eau par mètre carré et par heure.

M. LESOURD, après avoir indiqué le mode d'alimentation et les systèmes de régulation réciproque de la machine et du générateur, passe en revue les particularités de l'appareil, constitué par l'ensemble de ce système de générateur et d'une machine à vapeur de petite puissance.

M. LESOURD signale diverses applications de ce générateur et notamment celles qu'on peut voir fonctionner à l'Exposition, en indiquant les dépenses de vapeur et de combustible correspondantes.

M. LE PRÉSIDENT appelle l'attention de la Section sur les particularités de cet appareil et demande si quelqu'un est en mesure de donner quelques explications théoriques sur son fonctionnement.

M. HARLO DEL CASTILLO signale l'intérêt qu'il y aurait à remplacer le foyer qui chauffe ce serpentín par un bain à température constante.

M. JOUVET demande s'il ne se produit pas une dilatation du tube qui livre un passage relativement facile à la vapeur.

M. LESOURD répond qu'il n'est pas impossible, en effet, qu'il se produise un écartement très faible des deux parois du tube au moment du passage de la vapeur, que toutefois la résistance considérable du tube due à son épaisseur permet de croire qu'il ne doit pas s'ovaliser, et ajoute que l'examen des sections de tube ayant un certain usage n'a pas permis de constater aucune augmentation appréciable de la largeur de l'espace médian. En réponse à une question de M. Bour, relative à la quantité de vapeur qui peut être obtenue par mètre carré de surface de chauffe et par heure, M. Lesourd fait connaître que la vaporisation peut varier dans le rapport de 1 à 10, 100 kilogrammes étant un maximum,

et qu'en marche normale l'appareil donne 15 kilogrammes de vapeur à 10 ou 12 kilogrammes de pression.

M. LE PRÉSIDENT demande quel est le travail de la pompe alimentaire dans ces conditions ?

M. LESOURD répond qu'il n'a pas été fait d'expériences précises à ce sujet, mais que ce travail est très faible.

M. LE PRÉSIDENT émet le vœu qu'il soit fait des mesures exactes du travail de la pompe alimentaire pour une pression donnée.

M. MARIÉ ayant exprimé l'avis qu'il devait se produire à l'intérieur du tube une oxydation entraînant un élargissement de la section M. Lesourd répond qu'il ne semble pas, jusqu'à présent, que cette oxydation ait eu des conséquences nuisibles.

A l'occasion d'une nouvelle question de M. Marié, concernant le réglage de la chaudière par le régulateur de la machine, M. Lesourd signale la fixité complète de la lumière électrique obtenue avec cet appareil dans le cas d'un lustre, par exemple, dont on éteint la moitié des lampes.

M. BOUR demande quelles sont les applications les plus importantes qui aient été faites de ce générateur, au point de vue de la puissance développée.

M. LESOURD ne croit pas devoir parler d'essais trop récents qui se poursuivent en ce moment et indique seulement qu'on a atteint 4 chevaux dans une application à un bateau. Il fait ensuite connaître que les tubes tels que celui qu'il a décrit sont des unités qui peuvent être accouplées en tension ou en capacité, et qu'en accouplant les tubes en batteries on réalise une certaine économie sur la consommation de combustible.

M. VÉTILLARD demande quelle est la difficulté qui a retardé jusqu'à présent l'application de ce générateur aux machines plus puissantes.

M. LESOURD fait connaître que l'alimentation des tubes accouplés ne se fait pas d'une manière identique, l'eau tendant à passer de préférence par certains d'entre eux, et qu'on cherche à remédier à cet inconvénient par un système de distributeur permettant de donner à chacun des tubes la même quantité d'eau.

M. LE PRÉSIDENT remercie au nom de la section M. Lesourd de son intéressante communication et propose d'émettre le vœu : *Que cet appareil soit l'objet de recherches portant sur la pression au refoulement, sur la production de vapeur correspondant à une surface donnée de tube, et en général, sur tout ce qui se passe dans ce générateur.*

Ce vœu est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Trépardoux.

M. TRÉPARDOUX donne une description de la chaudière multitubulaire

à circulation de MM. de Dion, Bouton et Trépardoux, il en explique le fonctionnement, en énumère les divers avantages, rapporte les principaux résultats d'essais comparatifs faits notamment avec une chaudière Field; il termine en signalant les applications de cette chaudière et spécialement de celles qui figurent à l'Exposition.

En réponse à une question de M. Bour, M. Trépardoux indique comment il calcule la quantité de vapeur sèche de la chaudière Field correspondant à une quantité donnée de vapeur de la chaudière en question.

M. FOULON ayant fait observer que la forme du fond inférieur du bouilleur central ne lui paraissait pas répondre à de bonnes conditions de résistance, M. Trépardoux explique que cette forme a pour but d'éviter les incrustations en facilitant l'entraînement des dépôts qui peuvent se produire, par la circulation qui s'établit dans les tubes inférieurs.

En réponse à l'avis émis par M. Juvet, que cette chaudière devait présenter de grandes difficultés d'exécution, notamment pour le perçage des trous correspondants aux extrémités d'un même tube, M. Trépardoux explique comment, à l'aide d'un chariot à forêt incliné spécial, il perce successivement les trous des différents rangs de tubes des enveloppes intérieures et extérieures.

M. JOUVET a constaté d'excellents résultats en marche courante sur une chaudière tout à fait analogue, sauf l'horizontalité des tubes.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Trépardoux de sa communication et donne la parole à M. Rocour.

M. ROCOUR fait la description d'un système de chaudière dans lequel il a combiné le système tubulaire et le système Field avec une construction spéciale de la boîte à feu qui est formée d'une série de tubes Field jointifs rétreints à l'emmanchement, et en fait ressortir les avantages.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Rocour de sa communication.

La séance est levée à quatre heures.

*Pièce annexée au Procès verbal de la séance de la 2^e Section
du 18 Septembre 1889*

M. JOUVET, à propos de la communication de M. d'Allest sur les chaudières marines, présente les observations suivantes au sujet de la durée d'une expérience de vaporisation :

Les résultats comparatifs de vaporisation par kilogramme de charbon qui nous ont été indiqués sont remarquables et ils appellent notre attention sous plusieurs points de vue.

En premier lieu, les résultats indiquent que la vaporisation par kilogramme de charbon est, dans la chaudière améliorée, supérieure de 20 % environ à celle de la chaudière primitive, ce qui correspond, en fait, à une économie de 23 % sur la vaporisation de cette dernière chaudière.

En second lieu, on reconnaît que cette économie importante est principalement due à l'adjonction d'une chambre de combustion, ou boîte à feu, dans laquelle les gaz chauds se brûlent entièrement avant de pénétrer dans le faisceau tubulaire. Une part de cette économie est vraisemblablement due à la disposition rationnelle de l'écran qui règle la sortie des gaz déjà refroidis en partie, en les forçant à lécher tout le faisceau tubulaire, ce qui ne se produit pas toujours avec l'emploi d'écrans ou chicaneaux que l'on dispose habituellement dans les chaudières dont les tubes renferment l'eau à vaporiser, quel que soit d'ailleurs l'agencement de chacune de ces chaudières.

L'avantage indiscutable qui ressort dans le cas actuel, d'une boîte à feu suffisamment grande pour brûler tous les gaz, a été constaté depuis longtemps déjà dans la pratique courante des chaudières marines, et, en ce qui me concerne, j'ai fait, depuis plusieurs années, modifier avantageusement le fonctionnement de deux groupes de chaudières pour machines de 500 chevaux indiqués, en augmentant de 60 % le *volume* des boîtes à feu.

Cette augmentation de volume était prélevée sur la longueur des tubes, et bien qu'il en soit résulté, dans chaque cas, une diminution notable de la surface de chauffe, les chaudières ont donné un rendement supérieur; la chauffe y est facile, et on n'a plus à extraire, à beaucoup près, autant de suie des tubes et des boîtes à feu que précédemment.

Il n'y a donc pas de doute à avoir sur l'avantage des grandes boîtes à feu, et il est certain qu'à ce point de vue la chaudière de M. d'Allest réalise un progrès notable dans la construction des chaudières dont les tubes renferment l'eau à vaporiser.

Les expériences qui ont été faites sur les deux chaudières ayant été conduites par les mêmes personnes, on peut dire qu'elles sont comparables, et, qu'en fait, les avantages relatifs qui résultent des vaporisations en faveur de la chaudière améliorée sont certains; mais je ne pense pas que ces vaporisations, rapportées au kilogramme de charbon, qui est le côté pratique de la question, soient absolument exactes, à cause de la durée de chaque expérience qui n'a été que de 7 heures en moyenne.

J'ai, en effet, eu lieu de constater bien des fois qu'une durée de 7 heures n'est pas suffisante pour donner des résultats exacts, car dans tous les essais de vaporisation ou de consommation de charbon, et en particulier lorsque l'appareil moteur est relativement puissant, on

éprouve de très grandes difficultés à estimer les quantités de charbon qui existent sur les grilles au commencement et à la fin de l'expérience, Plus la durée de l'expérience est longue, moins l'influence de ces difficultés se fait sentir.

J'indique ci-après à l'appui de mon dire les résultats qui ont été obtenus dans une expérience que j'ai contrôlée, et que je prends au hasard parmi plusieurs expériences analogues.

Il s'agissait de constater la consommation d'un appareil à vapeur à haute pression fonctionnant à double détente, petit et grand cylindre et à condensation par surface, d'une puissance aux essais de consommation égale à 1200 chevaux indiqués de 75 kilogrammes, placé à bord d'un navire en fer, construit par les Forges et Chantiers de la Méditerranée.

Tout ayant été préparé pour les essais, les soutes fermées et le charbon destiné aux expériences mis en sac de 50 kilogrammes; après avoir relevé tous les documents voulus, niveau d'eau, pression, etc., la machine en pleine marche, l'expérience a commencé en chargeant les fourneaux avec le charbon de la première pesée, aussitôt après que l'état des feux a été constaté. Le tout fonctionnant régulièrement et la conduite des feux étant admirablement dirigée, la seconde pesée a dû servir à charger les fourneaux *une heure et demie* après le commencement de l'expérience. A partir de ce moment jusqu'à la fin de l'expérience, la durée d'une pesée a constamment diminué, en sorte que 7 heures après le commencement de l'expérience cette durée était d'environ une heure, et que la dernière pesée n'a guère duré plus de 45 minutes, cette expérience officielle ayant duré 12 heures.

La puissance de l'appareil moteur ayant été calculée sur les diagrammes relevés chaque deux heures pendant toute la durée de l'expérience, on en a déduit que la consommation de charbon (briquettes d'Anzin) était de 0^k,725 par cheval indiqué et par heure.

Les essais de ce genre, bien que parfaitement réguliers au point de vue industriel, m'ayant appris depuis longtemps déjà qu'on ne peut en déduire la véritable consommation par cheval indiqué, à cause de diverses difficultés d'appréciation, particulièrement en ce qui concerne l'estimation du charbon sur les grilles, au commencement et à la fin de l'expérience, j'ai effectué une expérience personnelle, parallèlement à l'expérience officielle dont j'ai d'ailleurs utilisé les documents, *mais en ayant bien soin de ne prévenir personne*, dans le but de connaître exactement la consommation de charbon, et j'ai procédé comme il suit :

J'ai commencé cette expérience une heure et demie après le commencement de l'expérience officielle, alors que tout était bien en marche

normale et qu'il était nécessaire de charger les grilles avec le charbon d'une nouvelle pesée (c'était alors la seconde pesée).

J'ai terminé la dite expérience, le tout étant également bien en marche, environ 1 heure 45 minutes avant la fin de l'expérience officielle, au moment où il était également nécessaire de charger les grilles avec le charbon d'une nouvelle pesée. Cette expérience personnelle a ainsi duré environ 8 heures 45 minutes.

Comme j'avais d'ailleurs recommandé de maintenir le niveau de l'eau au même point, ainsi que la pression, il en est résulté que je possédais tous les éléments voulus pour le calcul de la consommation de charbon par cheval indiqué, qui était alors de 0^k,825 au lieu de 0^k,725 fournis par l'expérience officielle.

Ce qui précède démontre que les résultats d'une expérience officielle d'une durée de 12 heures, conduite d'ailleurs comme on le fait habituellement, ne peuvent être considérés comme exacts, et que, dans tous les cas, il convient de prolonger la durée de l'expérience le plus possible pour atténuer l'influence des erreurs qui sont souvent commises dans l'estimation des quantités de charbon sur les grilles, au commencement et à la fin de l'expérience.

Le mode de faire que j'ai suivi pour arriver à connaître exactement la consommation de charbon par cheval indiqué peut être facilement appliqué, mais on comprend que pour qu'il donne de bons résultats, il faut *absolument* que sa mise en pratique soit ignorée de tout le personnel chargé de la conduite des appareils.

COMPTE RENDU DES SÉANCES DE LA TROISIÈME SECTION

Séance du 16 Septembre 1889.

A l'issue de la séance générale, Messieurs les membres de la troisième section se sont réunis dans le local qui leur avait été préparé, et ont constitué leur bureau de la manière suivante :

PRÉSIDENT : M. HIRSCH.

VICE-PRÉSIDENTS : MM. G. RICHARD et VAN ZUYLEN.

SECRÉTAIRES : MM. A. TRESCA, secrétaire du comité d'organisation.

DE NANSOUTY, id. id.

A. BRANCHER.

DIESEL.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Hanarte qui avait adressé au Congrès deux mémoires, l'un relatif à la transmission de travail par l'air comprimé ou raréfié et l'autre relatif à un système de pompe à tuyères convergentes et divergentes, dite pompe à épanouissement parabolique.

M. HANARTE s'occupe de cette seconde communication, en décrivant ce système de pompe et en le comparant aux divers types maintenant en usage.

Les dispositifs qu'il a adoptés permettent de donner aux pistons de ces pompes une grande vitesse sans avoir à craindre ni des chocs, ni des pertes de charge importantes.

Au point de vue d'un détail de construction permettant à l'aide d'une petite tuyère divergente, faisant office de compresseur d'air, d'alimenter constamment le réservoir d'air, M. TRESCA fait remarquer qu'une disposition analogue a été adoptée, en 1862, par M. Bollée, dans sa construction des béliers hydrauliques. Il s'agissait aussi d'assurer l'alimentation du réservoir d'air par le mouvement même de l'eau dans le corps du bélier.

M. DIESEL croit devoir faire remarquer qu'il serait très intéressant de savoir si la solution choisie par M. Hanarte est plus favorable que d'autres, dans lesquelles on ne s'inquiète pas des modifications de vitesse au passage des sièges de soupapes, par exemple.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Hanarte de son intéressante communication.

La séance est levée à midi.

Séance du 17 Septembre 1889

PRÉSIDENCE DE M. HIRSCH, PRÉSIDENT.

SECRETARE : M. BRANCHER.

La séance est ouverte à 9 heures du matin.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Brancher pour donner, en l'absence de M. Dufresne, le résumé d'une note préparée sur l'histoire des machines à air comprimé.

M. DUFRESNE fait d'abord remarquer que, dès 1688, Papin songea à utiliser, pour la transmission à distance du travail, la force élastique de l'air canalisé (1), et qu'il tenta même la réalisation de son idée, ainsi que le constate un mémoire présenté par lui, en 1687, à la Société Royale de Londres, et ayant pour titre : *Machines propres à transporter au loin la force des rivières* (2). Les expériences qu'il fit à cette époque furent loin d'être satisfaisantes, et il n'en pouvait être autrement, étant donnée la construction très imparfaite des appareils réalisant son idée première.

Ce n'est qu'en 1776 que William Murdoch, employé de la maison Boulton et Watt, à Soho, utilisa, dans cette usine, la transmission de force à distance au moyen de l'air comprimé. Il employa cet air comprimé, au moyen d'une machine soufflante de forge, à mettre en mouvement la machine de l'atelier des modèles et un monte-charge pneumatique (3).

Le 10 octobre 1839, Andraud et Tessié du Motay prirent un brevet pour un système complet d'agents mécaniques propres à comprimer l'air pour le transport de la force. Les idées d'Andraud sont mentionnées dans un mémoire publié en 1841 et intitulé : *De l'air comprimé employé comme force motrice* (4).

En 1845, Trieger, l'inventeur du fonçage à l'air comprimé, employa l'air comprimé pour actionner une machine située à 230 mètres des pompes de compression (5).

M. Dufresne cite encore le mémoire de Crelle publié, en 1846, à Berlin, sur l'emploi de l'air comprimé pour la propulsion atmosphérique, les essais faits aux mines de Gowan, près de Glasgow, sur *la transmission à grande distance de la puissance hydraulique à l'aide de l'air comprimé*.

En passant ensuite aux applications plus récentes, il cite le compresseur à choc que fit breveter Germain Sommeiller, le 25 novembre 1853, et qu'il appliqua, avec sa perforatrice à air comprimé, au percement du *Mont Cenis*.

1. Mémoire présenté à la Société Royale de Londres.

2. Cette machine est encore décrite dans les *Acta eruditorum. Leptiv. Décembre 1688*, page 644, sous cette rubrique : *De usu tuborum prægrandium ad propagandum in, longinquam vius motricem fluviores*.

3. *Thurston, machines à vapeur*, page 138. Édition annotée, revue et augmentée par J. Hirsch, professeur de machines à vapeur à l'École des Ponts et Chaussées. (Paris, Baillié, 1880.)

4. Guillaumou, éditeur, Paris. Un volume du même auteur intitulé : *de l'air comprimé et dilaté comme moteur, ou des forces naturelles recueillies et mises en réserve*, a été publié chez Guillaumin, éditeur, en 1840. (*Note du secrétaire.*)

5. Pernollet. Air comprimé, Dunod, 1876.

Il cite encore une proposition de Grattoni, Grandis et Sommeiller faite, dès 1863 (1), et ayant pour objet *la distribution de la force motrice à domicile dans les industries agglomérées*, question reprise par Biez fils et Gallard Béarn, en ce qui concerne un projet complet de transmission de force dans Paris (2).

Après avoir rappelé un brevet de Sommeiller, en date du 20 mars 1860, pour un compresseur à piston plongé, employé, après le premier, au percement du *Fréjus*, M. Dufresne rappelle que le compresseur de M. Colladon a fait ses preuves au *Saint-Gothard* et que l'incomparable succès des compresseurs Colladon, comme celui aussi mérité des compresseurs rapides Dubois-François, doit être attribué, pour la plus grande partie, à l'injection de l'eau.

Après cette lecture, M. le Président fait ressortir tout l'intérêt que présentent ces recherches sur les origines de l'application de l'air comprimé à la transmission du travail mécanique.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. G. Richard qui a bien voulu se charger de la traduction, de l'anglais, d'une note de M. Donaldson, sur la transmission de la puissance à l'aide de fluides sous pression, avec description d'une application de l'eau comprimée au pompage des eaux d'égout.

M. G. RICHARD, en résumant ce mémoire, compare les divers modes de transmission du travail et indique les motifs de la préférence que M. Donaldson, accorde à l'eau sous pression. Il décrit le système proposé pour l'assainissement d'une ville, au moyen d'égouts à petite section, desservis par des pompes, installées en différents points de la surface à assainir et commandées par une usine motrice unique au moyen d'une canalisation d'eau sous pression.

Après cette communication, M. le Président indique à la section les différents mémoires qui sont renvoyés à son examen, et donne la parole à M. Solignac qui demande à présenter un mémoire sur la transmission du travail par l'air comprimé, comme suite au rapport de M. Boudenoot, sur le même sujet.

La section est d'avis qu'il y a lieu d'autoriser M. Solignac à faire cette communication.

La séance est levée à 10 heures.

1. *Traforo delle Alpi, Relazione della direzione tecnica*. Turin, 1863, pages 62 et suivantes.

2. Paris, Chaix et C^{ie}, éditeurs, 1867.

Séance du 19 septembre 1889

PRÉSIDENCE DE M. HIRSCH, PRÉSIDENT

SECRETÉAIRE : M. BRANCHER

La séance est ouverte à 2 h. 1/2.

M. LE SECRETÉAIRE donne lecture des procès verbaux des 16 et 17 septembre. Ces procès verbaux sont adoptés.

M. LE SECRETÉAIRE donne ensuite lecture d'une lettre de M. Hillairet s'excusant de ne pouvoir, pour cause de voyage, faire la communication qu'il avait annoncée.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Diesel pour la lecture du travail qu'il a préparé comme suite au rapport de M. G. Richard sur la production mécanique et l'utilisation du froid artificiel.

M. DIESEL, après avoir passé en revue les différents corps employés dans la production du froid artificiel, et après avoir rejeté successivement l'air, l'éther, l'acide sulfureux et l'acide carbonique, indique les raisons pour lesquelles il préfère le gaz ammoniac. Il conclut en disant que, suivant lui, c'est la machine Lindé, telle qu'elle est construite actuellement par la maison Sulzer, qui doit être préférée.

Cette communication sert de point de départ à une discussion à laquelle prennent part plusieurs des membres de la section:

M. RICHARD répond à M. Diesel sur les différents points de son mémoire, et ajoute qu'il ne peut accueillir qu'avec une certaine réserve les expériences de Munich citées par M. Diesel, les résultats de ces expériences étant contestés par d'autres plus récents.

M. LE PRÉSIDENT résume la discussion et soumet à la section un projet de vœu répondant au désir exprimé par M. Richard.

Comme suite au vœu exprimé par le Congrès relativement à l'organisation des laboratoires de mécanique, la troisième section recommande, en particulier, l'institution de recherche expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

Ce vœu est adopté par la section et sera transmis à M. le Président du Congrès, en lui demandant de vouloir bien le soumettre à l'appréciation du Congrès, dans l'une de ses séances générales.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Diesel de vouloir bien appuyer la ré-

solution qui vient d'être prise lorsque le Congrès aura à s'en occuper.

M. LEBRUN demande à présenter à la section un système de machine à ammoniac dans lequel il évite les presses-étoupes autour des tiges des compresseurs. Il décrit la disposition de compresseurs à simple effet qu'il a adoptée dans ce but, et se charge de préparer une note pour être insérée dans les publications relatives aux travaux du Congrès.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. ANTHONI pour sa communication sur un procédé d'isolement complet et stable des machines au moyen de fondations élastiques.

M. ANTHONI obtient l'isolement, soit par les fondations élastiques, soit par les attaches élastiques. Les vibrations restent et entièrement localisées sans pouvoir se transmettre à la partie isolée.

Dans la fondation élastique le caoutchouc est placé entre deux planchers ; l'un, destiné à répartir la pression des blocs de caoutchouc, repose sur le sol ; l'autre repose sur le caoutchouc et sert de base au massif de fondation et aux machines qui y sont fixées.

Les attaches élastiques donnent le moyen de relier très solidement deux pièces, tout en leur laissant une indépendance suffisante pour empêcher totalement le passage des vibrations.

M. RICHARD a pu constater les bons résultats de cette interposition de matières élastiques permettant de supprimer les trépidations résultant de l'emploi de marteaux pilons, par exemple.

M. SOLIGNAC indique que dans les installations faites par la Compagnie parisienne de l'air comprimé, il a fait usage de tapis en fibres de coco interposés sous la fondation.

M. ANTHONI croit devoir faire remarquer, à ce sujet, que l'emploi de ce procédé ne donne pas les conditions d'isolement et d'élasticité que l'on rencontre dans l'emploi des fondations élastiques qu'il vient de décrire.

M. LE PRÉSIDENT invite ensuite M. Butticaz à donner la description des installations faites à Genève pour la distribution de l'eau et du travail disponible en se servant d'une partie de cette eau sous pression.

M. BUTTICAZ indique que c'est au moyen d'un barrage établi sur le Rhône, à la sortie du lac de Genève, et de turbines actionnant directement des pompes, que l'eau peut être comprimée et ensuite distribuée dans l'intérieur de la ville. Cette eau est utilisée ensuite pour fournir le travail dont on a besoin à domicile, au moyen de turbines de très petit volume et tournant très rapidement.

M. BUTTICAZ fait passer sous les yeux des membres de la section les dessins très complets de cette installation en donnant sur chacun d'eux

de courtes explications que, vu l'heure avancée, il ne lui est pas possible de développer.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant M. Butticaz de sa très intéressante communication émet, au nom de la section, le vœu qu'un mémoire complet, que M. Butticaz se charge de préparer, puisse être publié, accompagné des principaux dessins rendant compte de l'installation.

La séance est levée à 5 h. 1/2.

Séance du 20 Septembre 1889

PRÉSIDENTE DE M. G. RICHARD, VICE-PRÉSIDENT.

SECRETARE : M. BRANCHIER.

Le procès verbal de la séance du 19 septembre est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Raffard pour sa communication sur les totalisateurs à deux roulettes.

M. RAFFARD fait remarquer tout d'abord l'inconvénient que présente l'emploi du totalisateur ordinaire à une seule roulette. Ses indications cessent d'être exactes lorsque la roulette arrive aux environs du centre du plateau.

En employant deux roulettes, leur écartement étant invariable, la différence des deux rotations donne une évaluation du travail et l'on a comme élément de contrôle la somme des deux rotations qui reste constante.

M. RAFFARD ajoute que cette modification peut s'adapter facilement aux nombreuses applications du totalisateur de Poncelet.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Trouvé de vouloir bien faire sa communication sur un dynamomètre universel à lecture directe.

M. TROUVÉ explique que dans ses appareils l'effort est mesuré par la torsion d'une lame logée dans la tige du dynamomètre, et la vitesse par la dépression que détermine, sur un manomètre, la rotation, dans l'air ou dans l'eau, d'un tourniquet tournant avec l'appareil.

M. SNEYERS décrit ensuite une application de ses freins à brosses aux manchons d'embrayage et aux freins d'ascenseurs. Il montre les effets de ces dispositions sur un modèle de faibles dimensions.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Salignac pour la lecture de son mémoire sur la transmission et la distribution de la force par l'air comprimé.

M. SALIGNAC, ingénieur de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, donne une description sommaire des installations de cette Compagnie, et présente ensuite les principaux éléments d'un projet de distribution d'air comprimé sur une plus grande échelle (10 000 chevaux), en comparant le prix de revient de la canalisation d'air comprimé à celui des câbles électriques qui seraient nécessaires pour distribuer la même puissance électrique.

Une discussion, à laquelle prennent part plusieurs membres de la section, s'engage sur les différents éléments de cette comparaison.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Brancher pour sa communication sur les poulies en fer forgé et sur le rendement des transmissions de mouvement par poulies et courroies.

M. BRANCHER fait remarquer en commençant que la poulie en fer, dont l'emploi tend à se généraliser, sont de 60 % plus légères que celles en fonte qu'elles remplacent, et que l'emploi des limbes perforés permet d'obtenir des rendements de 40 à 60 % supérieurs à ceux résultant de l'emploi des limbes lisses en fonte, par suite de l'augmentation d'adhérence ainsi produite.

M. BRANCHER décrit ensuite les différents types de construction de poulies en fer en usage dans différents pays,

En Amérique, on emploie des bras robustes terminés par des pattes soutenant le limbe dans sa largeur.

Les constructeurs allemands adoptent des bras en fers plats coudés à l'extrémité et formant pattes pour l'assemblage avec la jante.

En Angleterre on se sert de bras ronds, très nombreux, rivés directement au limbe.

Enfin, en France, on emploie la patte à vis à double écrou se profilant suivant le cercle intérieur de la jante, et permettant *la mise au rond du limbe*; les bras sont encastrés et sertis dans le moyeu, et le limbe est perforé ou strié.

Après cette communication, la séance est levée à six heures, et MM. les membres de la Section vont visiter ensuite une des installations de fondations élastiques de M. Anthoni.

TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le Premier volume

DES

TRAVAUX DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

	Pages
Comité d'organisation	1
— de patronage	2
Bureau du Congrès	6
Composition des bureaux des sections	7
Liste des membres	7
Liste des délégués des gouvernements étrangers	23
Règlement	25
Allocution de M. le Président du Comité d'organisation	27
 <i>Comptes-rendus des séances générales :</i>	
I. — Séance du 16 septembre (matin)	33
II. — -- 16 — (soir)	34
III. — - 17 —	59
IV. — — 18 —	80
V. — — 19 —	89
VI. — — 20 —	112
VII. — — 21 —	116
Vœux formulés par le Congrès	143
 <i>Comptes-rendus des séances de la première section :</i>	
Séances des 16, 17, 18, 19 et 20 septembre	145
Pièce annexée au procès-verbal de la séance du 16 septembre 1889	155
 <i>Comptes-rendus des séances de la deuxième section :</i>	
Séances des 16, 17, 18, 19 et 20 septembre	156
Pièce annexée au procès-verbal de la séance du 18 septembre 1889	166
 <i>Comptes-rendus des séances de la troisième section :</i>	
Séances des 16, 17, 19 et 20 septembre 1889	169

