

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

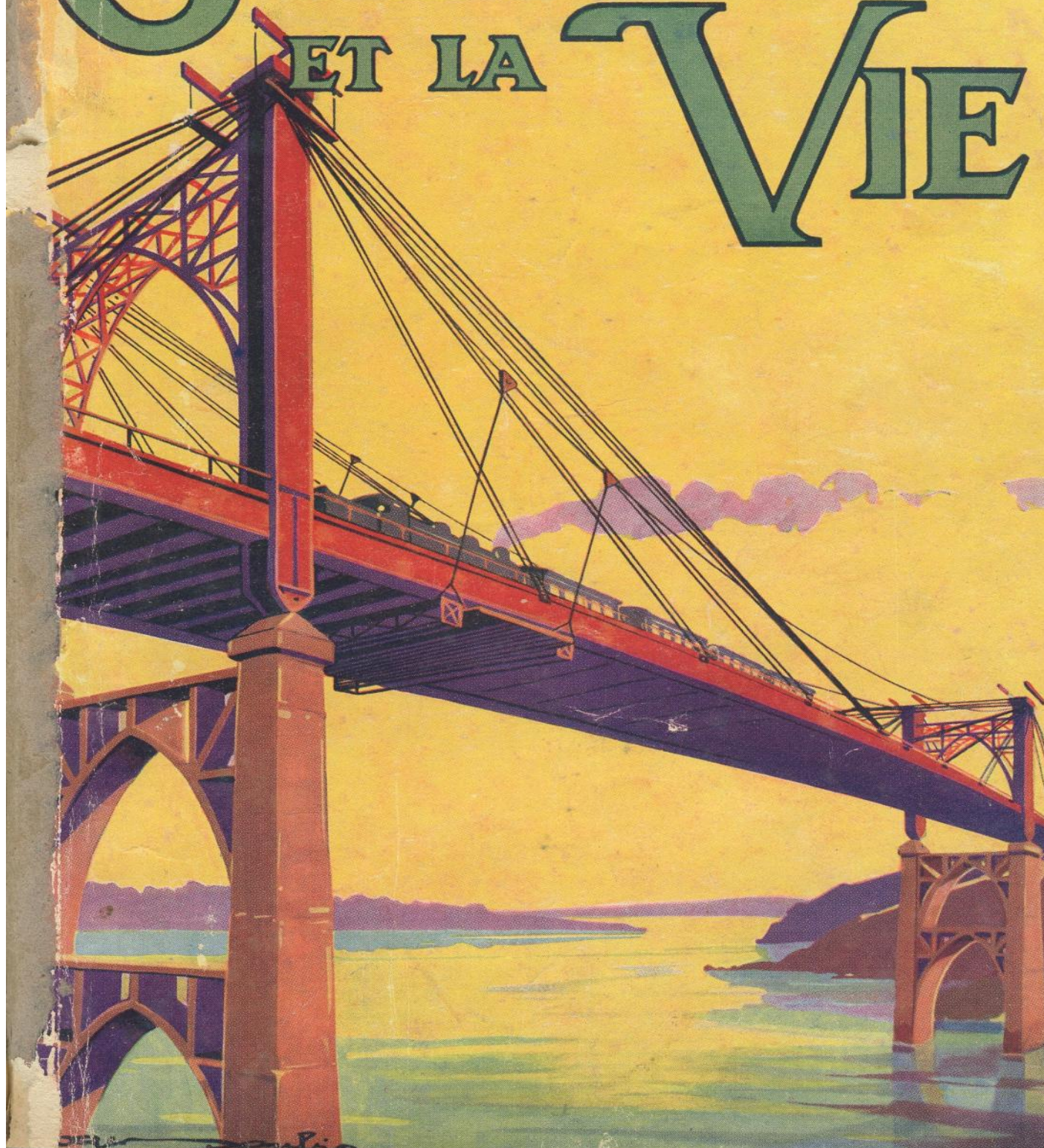
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	À partir de février 1943, le titre devient "Science et Vie". La bibliothèque du Cnam ne possède pas de collection, la numérisation a été faite grâce au prêt de la collection privée de M. Pierre Cubaud.

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 31. n. 117. Mars 1927
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1927
Collation	1 vol. (p.[175]-262) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 117
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Note	Le volume a été relié, par conséquent il manque la 3ème et 4ème de couverture.
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.117

France et Colonies : 4 fr.

N° 117. - Mars 1927

LA SCIENCE ET LA VIE



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

152, avenue de Wagram, 152 - Paris-17^e

I. GALOPIN, *, Q I, Ingénieur-Directeur - 22^e Année

Cours sur place Jour et soir	Théorie (Rentrée le 5 octobre et le 5 novembre)
	Ateliers et Laboratoires (Admission à toute époque)
Enseignement par correspondance (Admission à toute époque)	

Section Industrielle

Diplômes d'Apprentis, Ouvriers, Contremaîtres, Dessinateurs, Conducteurs, Sous-Ingénieurs, Ingénieurs.

ÉLECTRICITÉ

Electricité générale, construction, production, installation, hydro-électricité, métropolitain, chemins de fer, tramways, entretien d'usines.

T. S. F.

P. T. T. - Marine de guerre - Marine marchande - Armée - Industrie - Amateurs.

MÉCANIQUE

Atelier, machines à vapeur, moteurs à pétrole, à gaz, Diesel, automobile, aviation, machines frigorifiques, entretien d'usines, machines marines, locomotives. Filature et Tissage.

BATIMENT

Construction métallique, en béton armé, en bois, en maçonnerie - Architecture - Chauffage central - Métré.

TRAVAUX PUBLICS

Entreprises privées - Grandes sociétés - Géodésie, topographie, levés divers, métré.

COMMERCE

Employés, comptables, sténos-dactylos, experts comptables, ingénieurs et directeurs commerciaux - Banque - Bourse.

AGRICULTURE

Chefs de culture, mécaniciens agricoles, directeurs de domaine, ingénieurs d'agriculture.

MÉTALLURGIE - MINES

Installation, production, conduite.

CHIMIE

Toutes les spécialités de la chimie.

Section Administrative

PONTS-ET-CHAUSSEES

Elèves ingénieurs de travaux publics de l'Etat, adjoints techniques, divers emplois de la Ville de Paris, agents voyers, génie rural, mines.

MARINE DE GUERRE

Sous-officiers mécaniciens et de pont, élèves officiers mécaniciens et de pont, ingénieurs mécaniciens, apprentis mécaniciens, T.S.F., etc.
Ecole du génie maritime.

MARINE MARCHANDE

Officiers mécaniciens, capitaines, élèves officiers, commissaires, officiers radios - Admission sur le navire-école *J.-Cartier* - Ingénieurs mécaniciens de réserve - Constructions navales.

CHEMINS DE FER

Piqueurs, dessinateurs, mécaniciens, chefs de dépôt, de district, électriciens, ingénieurs, etc.

P. T. T.

Employés, surnuméraires, dames, mécaniciens, monteurs, dessinateurs, école supérieure, etc.

AVIATION

Militaire: Admission comme mécanicien, examen de bourse de pilotage, élèves officiers.
Civile: Emplois de mécanicien-pilote, chef de station, agent technique, ingénieur adjoint et élève ingénieur.

ADMINISTRATIONS DIVERSES

Manufactures (mécaniciens, vérificateurs), ministère des finances (douanes, poids et mesures, contributions, trésoreries, banques, etc.).

ARMÉE

Admission au 8^e génie, au 5^e génie dans l'aviation, etc. Cours d'élèves officiers et d'E.O.R. - Tous les emplois militaires des réformés et retraités.

UNIVERSITÉ

Brevets, baccalauréats, licences, grandes écoles.

COLONIES

Emplois administratifs des colonies et emplois commerciaux et industriels dans le Génie colonial.

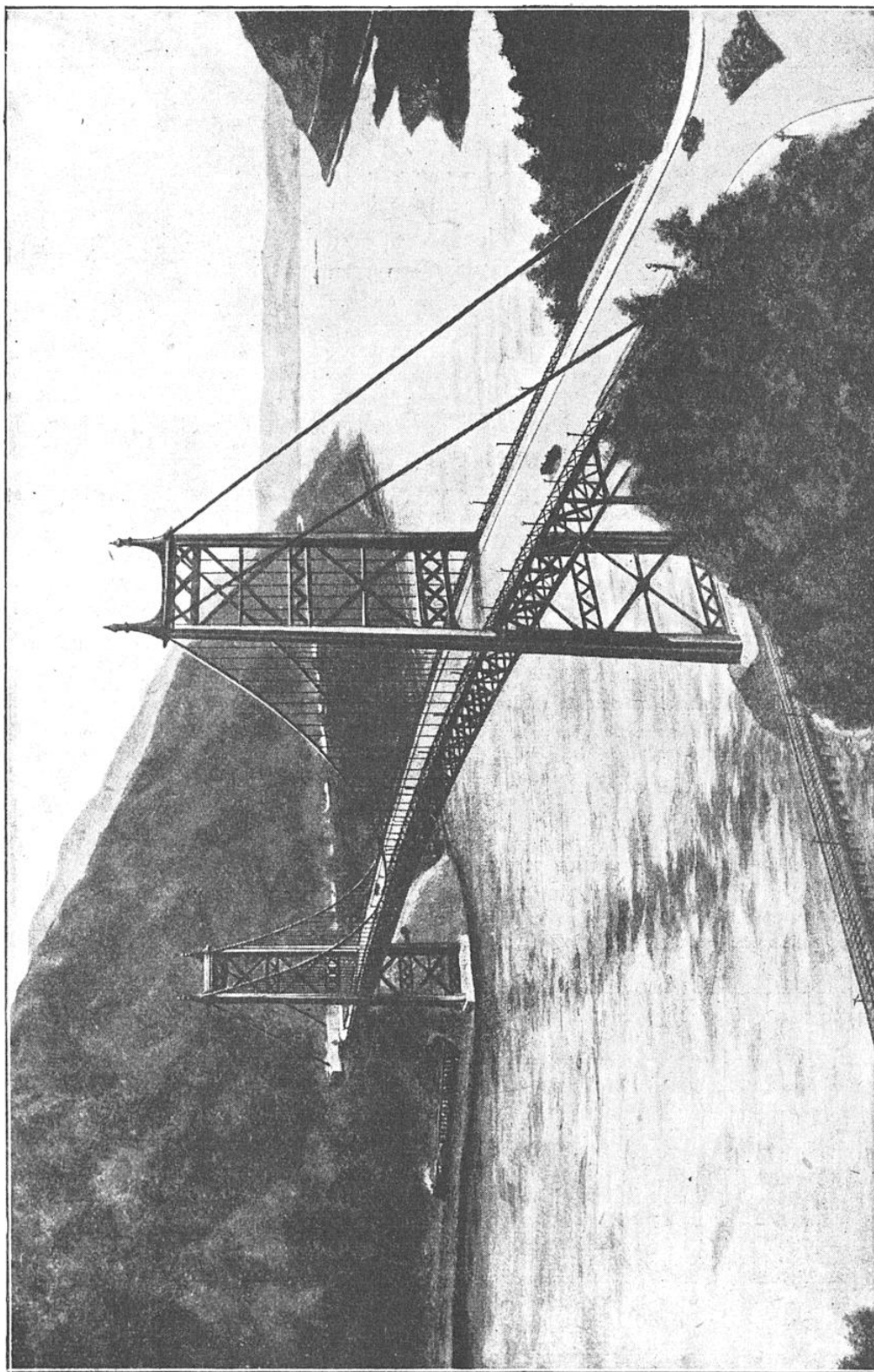
PROGRAMME N° 807 GRATIS. - ANNUAIRE DES ANCIENS ÉLÈVES : 10 FR.

Le pont suspendu, d'invention française, vient d'avoir cent ans.	Leinekugel Le Cocq	177
Deux métallurgies bien françaises : le nickel et l'aluminium	Léon Guillet	185
	Membre de l'Institut, directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures, professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.	
Qu'est-ce que le vide? Comment le fabrique-t-on? A quoi sert-il?	Marcel Boll.	193
	Professeur agrégé de l'Université, docteur en sciences.	
Il y a cent ans que le chimiste français Balard a découvert le brome.	Camille Matignon.	204
	Membre de l'Institut, professeur au Collège de France.	
Le second centenaire de Newton est célébré ce mois-ci..	Marcel Boll.	207
	Docteur en sciences.	
On construit actuellement, au mont Salève, le plus bel observatoire du monde	Jean Labadié.	209
La France a modernisé sa flotte de pêche, grâce au bateau à vapeur.	Jean Marie.	216
	Ingénieur principal de la Marine marchande.	
Où en est la meunerie moderne?	E. Bouvier.	221
Le X ^e Salon de l'Aéronautique permet de dégager les tendances actuelles de l'aviation	C. Martinot-Lagarde.	231
	Ingénieur en chef de l'Aéronautique.	
Cet appareil décèle immédiatement les défauts des rails	J. M.	240
L'automobile et la vie moderne	A. Caputo.	241
La T. S. F. et la vie	Joseph Roussel	247
La T. S. F. et les constructeurs	J. M.	251
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor.	253
Une lampe portative à vapeur de mercure pour les photographes.	S. et V.	257
Comment on sculpte à fresque le béton armé	J. L.	259
La plus puissante locomotive anglaise	S. et V.	260
A travers les Revues	S. et V.	261

Nous ne saurions trop recommander à nos lecteurs de bien vouloir, autant que possible, utiliser, de préférence à tout autre mode de paiement, le chèque postal (91-07 Paris) pour nous faire parvenir le montant de leurs commandes ou abonnements. En utilisant ce mode d'envoi, très pratique, ils réaliseront une économie et faciliteront la tâche de notre administration. Nous les en remercions à l'avance.

La prochaine conférence radiophonique de vulgarisation scientifique organisée par *La Science et la Vie* avec le concours du poste d'émission du *Petit Parisien* (longueur d'onde 340 m. 9), aura lieu le lundi 14 mars, à 20 h. 30. Elle sera faite par M. Louis Gain, docteur en sciences, qui traitera le sujet suivant : La vie des animaux dans les régions polaires australes.

La couverture du présent Numéro représente le pont suspendu cantilever de Lézardrieux (Côtes-du-Nord). (Voir l'article sur les ponts suspendus, à la page 177.)



LE GRAND PONT SUSPENDU DE BEAR-MOUNTAIN, CONSTRUIT SUR LE GRAND BRAS DE L'HUDSON (AMÉRIQUE)
Inauguré en 1925, ce pont a une longueur de 688 mètres, dont 497 m 43 pour la travée centrale. Le tablier est soutenu par deux câbles de 45 centimètres de diamètre, contenant chacun 7 252 fils d'acier très résistants.

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Voir le tarif des abonnements à la fin de la partie rédactionnelle du numéro

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X* — Téléph. : Provence 15-21

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copyright by La Science et la Vie, Mars 1927. - R. C. Seine 116.544

Tome XXXI

Mars 1927

Numéro 117

LE PONT SUSPENDU, D'INVENTION FRANÇAISE, VIENT D'AVOIR 100 ANS

Par LEINEKUGEL LE COCQ

Le 5 juillet dernier eurent lieu, à Tournon sur le Rhône, des fêtes pour commémorer le centenaire de l'invention et de la construction du premier pont suspendu, par Marc Seguin. Ce jour-là, le 25 août 1825, l'art de l'ingénieur, encore mal servi par une métallurgie naissante, venait cependant de s'enrichir d'un mode de construction merveilleux, très économique, et dont la géniale conception devait bouleverser les idées officiellement admises. La France, patrie du pont suspendu, après lui avoir fait, pendant cinquante ans, un accueil enthousiaste, s'est détournée ensuite de ce mode de construction dans les grandes entreprises, tandis que les ingénieurs américains l'ont adopté pour les plus importants de tous leurs travaux. Notre ingratitude paraît inexplicable. L'histoire de cette merveilleuse invention doit être rappelée, pour nous permettre, à cent ans de distance, d'en mesurer la portée et pour inviter nos futurs ingénieurs à suivre le bel exemple donné par Marc Seguin et ses quatre frères, qui ne construisirent pas moins de quatre-vingt-six ponts suspendus, dont presque tous subsistent encore. Il appartient à M. Leinekugel Le Cocq, l'un des spécialistes les plus réputés dans l'art des constructions des ponts de ce genre, de retracer ici leur origine, d'en montrer les avantages, d'en expliquer la technique spéciale. L'éminent ingénieur français vient, du reste, d'être appelé en Amérique pour donner son avis technique sur la construction projetée du grand pont suspendu de New-York, sur l'Hudson.

L'ingénieur Marc Seguin et la genèse de l'invention

MARC SEGUIN fut un esprit très élevé. Venu à Paris, en 1799, pour y compléter ses études, il y resta jusqu'en 1805. A cette époque, son oncle maternel, Joseph de Montgolfier, alors directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, écrivait de lui : « Son esprit est si droit qu'il ne dépendait pas de lui de s'assimiler quoi que ce soit de contraire à la vérité et à la saine raison. » Rentré à Annonay pour y diriger la fabrique de draps que son père possédait, il y apporta divers perfectionnements mécaniques. Mais son tempérament de chercheur, de réalisateur, le poussait vers d'autres destinées, et une circonstance fortuite

devait orienter son esprit vers l'invention.

A cette époque, le service des Ponts et Chaussées s'occupait activement de la réparation des routes, à peu près abandonnée depuis la Révolution. Un jour, l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de l'Ardèche, Plagniol, séjournant à Annonay, entra en relations avec Marc Seguin et, surpris, non seulement de sa culture, mais aussi de ce goût inné pour l'invention, lui posa directement le problème qui l'intéressait, sous cette forme : « Vous devriez chercher un système de pont aussi solide, mais beaucoup plus économique que les ponts en maçonnerie. »

— Je m'en occuperai, répondit simplement Marc Seguin.

A partir de ce jour, l'inventeur, laissant

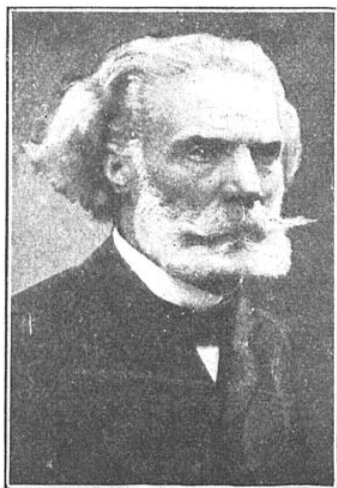
à ses frères le soin de diriger la manufacture familiale, s'adonna complètement à la recherche d'un moyen de construire un pont sur une rivière sans être obligé de le soutenir par des piliers élevés dans son lit. Bon calculateur et connaissant parfaitement la résistance des métaux, il pensa qu'un faisceau de fils de fer devait pouvoir soutenir un poids énorme. Ses premières expériences, dans ce sens, furent tout à fait concluantes.

Le jeune inventeur qui avait étudié soigneusement le *Traité des ponts*, de Boppe, n'ignorait pas, d'ailleurs, que depuis longtemps on employait, en Amérique et dans les Indes orientales, des passerelles suspendues à des lianes par des lanières de cuir. En Angleterre, dès 1808, on avait également construit des passerelles suspendues à des chaînes de fer.

Passant à la réalisation de son invention, il commença par jeter sur la rivière La Cance, près de Saint-Marc, à Annonay, une première passerelle de 18 mètres, qui lui coûta environ 50 francs.

L'anneau d'attache de cette passerelle sur la rive gauche existe encore.

Ce premier résultat lui ayant donné entière satisfaction, il construisit, l'année suivante, une autre passerelle de 30 mètres de portée sur la Galance, à Saint-Vallier. Ces deux ouvrages l'éclairèrent alors suffisamment



M. F. ARNODIN

sur les beaux résultats que l'on pouvait attendre de ce type de pont, et le problème posé par l'ingénieur Plagniol était entièrement résolu.

Construction du premier grand pont suspendu

C'est alors que Marc Seguin, associé avec ses quatre frères, Camille, Jules, Paul et Charles, parvint à intéresser à son invention, en 1823, le premier ministre Villèle. Dès le 30 septembre 1823, il présente son projet pour la construction d'un pont sur le Rhône, entre Tain et Tournon, au conseil supérieur des Ponts et Chaussées; le gouvernement l'approuve le 12 janvier 1824 en lui donnant la concession. Toute la fortune de la famille Seguin fut engagée dans l'entreprise, dont Plagniol était l'architecte.

On se mit à l'œuvre avec activité, dès les premiers jours du printemps, bien que les savants, et surtout les ingénieurs de l'État, eussent déclaré le projet irréalisable.

Cependant, le 22 avril 1825, plusieurs mois avant l'époque fixée, le pont de Tain-Tournon

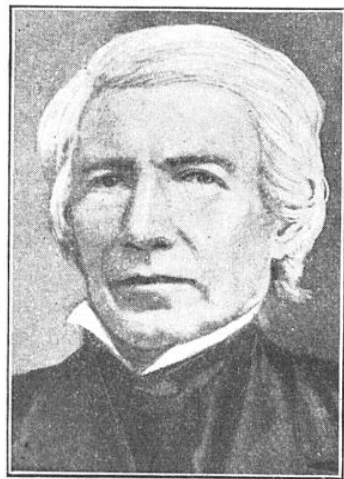
était achevé, et toutes les conditions imposées avaient été rigoureusement observées. Il avait supporté une surcharge de 69.150 kilogrammes.

L'inauguration eut lieu le 25 août suivant, et l'ouvrage fut béni par Mgr de la Tourette, évêque de Valence. Des poèmes écrits par MM. Henri de la Size-ranne, de Tain, et Jules Rousset, de Tournon, célébrèrent avec enthousiasme le « jeune pont ».

Les cinq frères Seguin, étroitement unis, continuèrent à s'illustrer en exécutant exactement quatre-vingt-six ponts suspendus dans toute la France. Quant à Marc Seguin, dit l'« aîné »,



M. LEINEKUGEL LE COCQ



MARC SEGUIN

son génie inventif le porta vers la recherche du problème d'un intérêt aussi puissant que celui qu'il venait de résoudre. Il fut l'inventeur de la première chaudière tubulaire pour locomotives, son brevet date du 12 décembre 1827, et c'est encore à lui que l'on doit la construction de la première ligne de chemin de fer entre Lyon et Saint-Etienne. En souvenir des bienfaits apportés à l'humanité par ses inventions, sa ville natale, Annonay, lui érigea une statue en 1923.

Précisant le caractère des ponts suspendus, M. Charles Rabut, membre de l'Institut, a défini, comme il suit, l'invention de Marc Seguin, lors de la séance spéciale que la Société des Ingénieurs civils de France consacra, le 6 juin 1924, à la glorification des travaux de Marc Seguin, de son élève et collaborateur Ferdinand Arnodin et de Gisclard :

« En combinant le câble tendu avec le pylône en maçonnerie, Marc Seguin introduisait dans l'art de bâtir le principe si fécond de la division du travail entre la pierre et le fer, principe formulé et appliqué depuis par Hennebique, et a provoqué l'immense développement du béton armé.

« Le pont suspendu apparaît ainsi comme un ouvrage en béton armé à l'extérieur ; il a, sur le béton armé à l'intérieur, l'avantage d'un bras de levier (élément de résistance à la flexion des formes) beaucoup plus considérable, puisqu'il se mesure en mètres au lieu de centimètres.

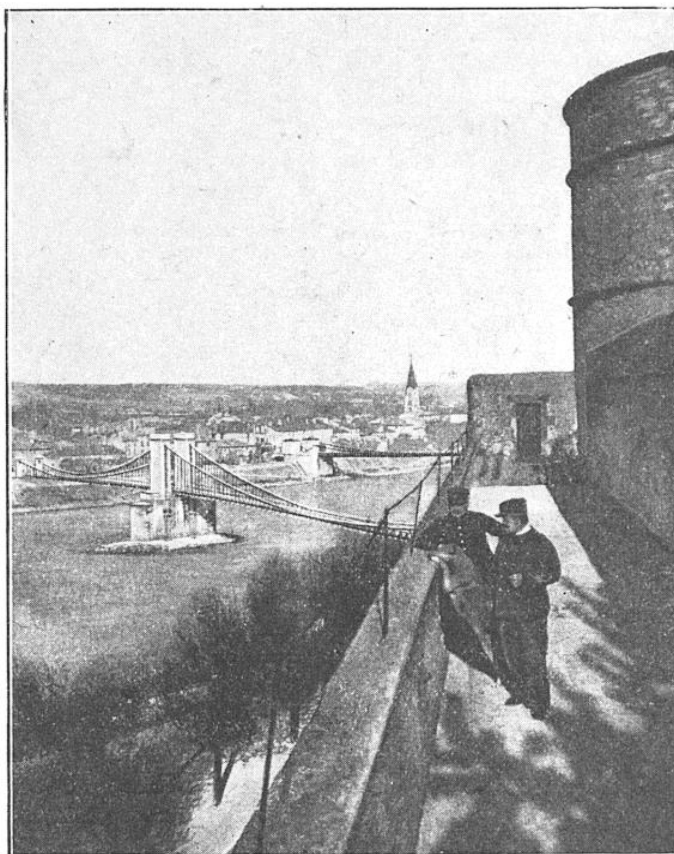
« La combinaison introduite par Marc Seguin est, en somme, la plus puissante qui soit à la disposition de l'ingénieur. »

Qu'est-ce qu'un pont suspendu ?

Le pont suspendu caractérise une forme spéciale d'ouvrages métalliques, dits « à fermes principales souples », par opposition

aux ponts « à fermes principales rigides », qui sont des ponts à *poutres*, appuyant verticalement sur les piles ou les culées, ou des ponts à *arcs* dans lesquels les réactions d'appui sont inclinées.

Le pont suspendu est, en principe, un ouvrage très simple. Sur chaque rive, on élève deux pylônes, métalliques ou en maçonnerie, sur lesquels on fait passer un ou plusieurs câbles ayant la résistance voulue. Ces câbles sont amarrés sur les rives, en arrière des pylônes, à des massifs de maçonnerie, et forment entre



LE PREMIER PONT SUSPENDU DE TAIN-TOURNON, DE MARC SEGUIN (1825)

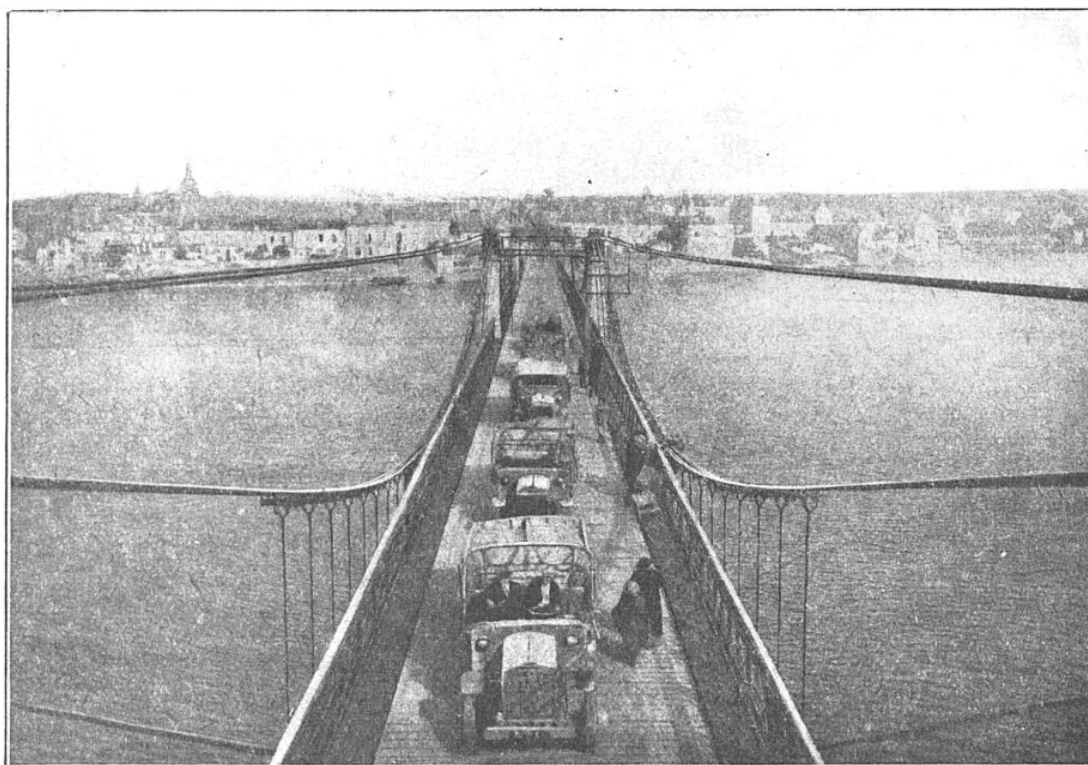
ces pylônes, au-dessus du cours d'eau à traverser, par conséquent, une courbe dite « chaînette ». Puis, de distance en distance, on attache sur ces câbles des tirants ou tiges de suspension dont les extrémités inférieures sont reliées aux poutrelles. Chaque poutrelle devient une pièce de pont, et toutes ces pièces réunies entre elles par des garde-corps donnent la rigidité voulue au tablier porté par les tiges de suspension.

Le montage d'un pont suspendu est une opération très simple, lorsque les câbles ont été jetés entre les rives. On construit le tablier en partant de la partie centrale ou

des deux rives, de façon à équilibrer les poids portés par les câbles et sans qu'il y ait lieu de recourir à des échafaudages. L'entretien est également très facile et le prix de revient peu élevé. Enfin, il présente sur les ponts en pierre, qui sont, en réalité, des ponts barrages, l'immense avantage de supprimer tout obstacle à la navigation et à l'écoulement des eaux pendant les crues. C'est ainsi que le

(1845-1924), qui construisit, pendant sa longue carrière, deux cent quarante-six ponts suspendus tant en France qu'à l'étranger. Il avait débuté, en 1862, sous la direction de Marc Seguin.

Certains de ces ponts construits par lui comportent des dispositions géniales qui sont son œuvre personnelle et rendent actuellement les plus grands services.* C'est ainsi



PONT SUSPENDU D'INGRANDES, SUR LA LOIRE

C'est le plus grand pont suspendu de France. Il ne comporte pas moins de huit travées consécutives.

pont en maçonnerie des Andelys, de construction cependant récente, fut remplacé, en 1914, par un pont suspendu pour faciliter la navigation sur la Seine, afin d'assurer le ravitaillement des industries parisiennes auxquelles on demandait un rendement maximum en vue de la défense nationale.

L'essor des ponts suspendus en France

De 1826 à 1850, la construction des ponts suspendus prit, en France, un essor considérable, et souvent l'audace des constructeurs, dépassant les limites permises, occasionna des catastrophes. Tous les ingénieurs du monde entier s'y intéressèrent d'ailleurs, grâce à l'activité de Ferdinand Arnodin

que, ayant introduit dans les anciens ouvrages le principe de l'amovibilité de tous les éléments de la suspension, il a pu, dans les dernières années, reconstruire, sans interrompre un seul jour la circulation sur le tablier, de vieux ponts suspendus devenus manifestement trop faibles pour supporter le trafic moderne et les adapter aux convois continus formés des plus lourds camions automobiles.

En Algérie, Ferdinand Arnodin construisit, entre autres, le pont canal suspendu de la Seybousse, qui est l'application idéale pour un ouvrage de ce genre, puisque la surcharge portée par les câbles est toujours constante.

Le pont transbordeur fut aussi inventé par un Français, Ferdinand Arnodin

Il est assez curieux de relater comment fut inventé, par Ferdinand Arnodin, le système de pont à transbordeur. On pourra rapprocher la genèse de cette invention de celle du premier pont Seguin ; la corrélation est complète.

En 1895, un inventeur espagnol, M. de Pa-

sur la Charente ; de Bizerte (Tunisie), à l'embouchure du lac ; de Rouen, sur la Seine ; de Nantes, sur la Loire ; de Newport, sur l'Usk, en Angleterre ; de Marseille, sur le vieux port. En 1904, il entreprit celui de Bordeaux, sur la Garonne, que la Grande Guerre a surpris en cours d'exécution, et retardé jusqu'ici, par suite de la forte majoration dans la dépense d'établissement qui avait été prévue en 1904.



VUE PRISE EN AVION DU GRAND PONT SUR LA LAGUNE SETUBAL (RÉPUBLIQUE ARGENTINE)

maccio, vint en France s'entretenir avec Ferdinand Arnodin, dont la réputation de constructeur était déjà très grande, et lui demanda d'étudier un pont suspendu à lancer au-dessus de l'embouchure du Nervion, laissant passer sous son tablier les plus grands navires, mais assurant toutefois une communication entre les deux plages fréquentées de Portugaleta et de las Arenas, situées sur chaque rive. F. Arnodin eut vite fait de trouver la solution au problème posé dans l'application du pont suspendu spécial avec sa nacelle. Le résultat de l'expérience fut une révélation.

De 1896 à 1905, il exécuta les ponts à transbordeur de : Bilbao, sur le Nervion (Espagne) ; de Martrou, près de Rochefort,

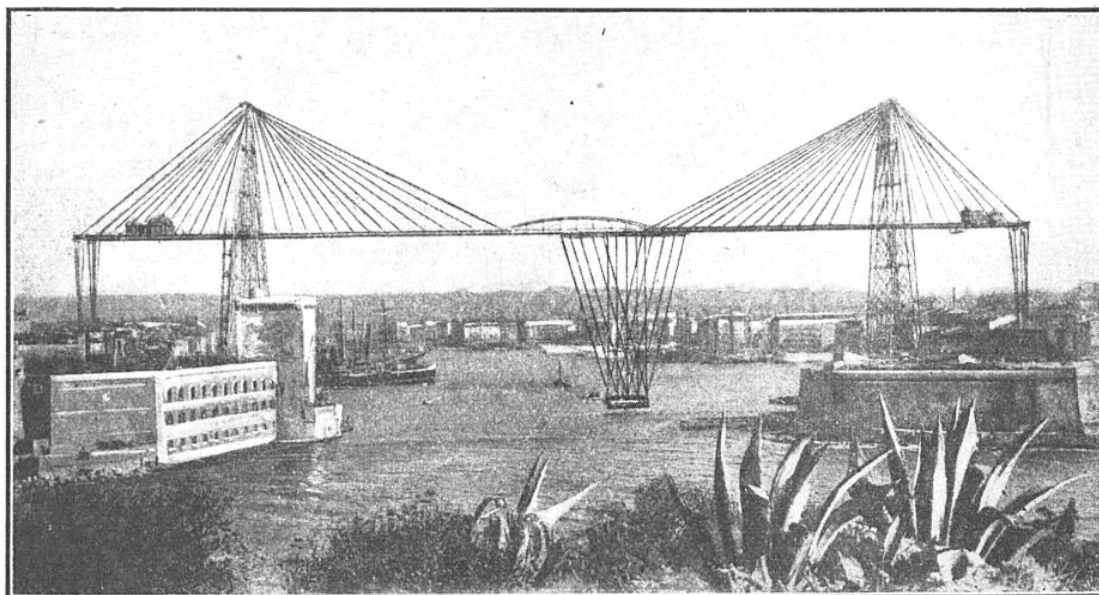
C'est surtout en Amérique que se sont développés les ponts suspendus

Si la France a été la patrie du pont suspendu, nos ingénieurs ont toujours hésité à recourir à sa technique pour franchir de larges cours d'eau. C'est que la grande flexibilité du tablier, transmettant les vibrations aux câbles au passage des charges mobiles, amenait, dans ces câbles, des suppléments de tension susceptibles d'en entraîner la rupture. C'est ainsi qu'une grande catastrophe fut, à Angers, la conséquence de l'effondrement du pont suspendu sur la Maine, au passage d'une troupe au pas cadencé. Les ponts de la Roche-Bernard et de Donzère furent également enlevés par des ouragans. Par contre,

les États-Unis adoptèrent le principe avec un enthousiasme qui ne s'est jamais démenti, et, dès 1855, ils n'hésitaient pas à construire un pont de chemin de fer suspendu en aval des chutes du Niagara, avec une portée de 250 m 51. Peu de temps après, suivaient le pont de Niagara Falls, avec 386 m 84 de portée ; le pont de Cincinnati sur l'Ohio, long de 322 m 38 ; enfin, le 24 mai 1883, eut lieu l'inauguration du pont de Brooklyn, à New-York, qui fit l'admiration du monde entier et resta pendant vingt ans le roi des

bellement, de part et d'autre, deux chaussées de 6 m 07 de largeur, sur chacune desquelles deux véhicules peuvent passer de front. Dans un contreventement supérieur, sont aménagés deux trottoirs pour piétons. Les quatre câbles qui le supportent ont 0 m 468 de diamètre, et la longueur totale de l'ouvrage est de 2.196 mètres.

Le pont de Manhattan, inauguré le 31 décembre 1909, a une ouverture centrale de 446 m 90. Son tablier, large de 37 m 51, est porté par quatre câbles de 0 m 512 de



ENTRÉE DU PORT VIEUX ET PONT TRANSBORDEUR DE MARSEILLE

ponts suspendus. Sa longueur totale est de 1.186 mètres, dont 486 m 30 de portée centrale. Son tablier, large de 26 m 23, porte quatre voies ferrées, deux chaussées permettant chacune le passage d'un véhicule et, au centre, un trottoir surélevé pour les piétons. Il est porté par quatre câbles de 0 m 393 de diamètre. La partie métallique de ce pont gigantesque pèse 17.754 tonnes, dont 866 tonnes pour chaque câble.

Le développement incessant de la ville de New-York a rendu nécessaire la construction d'une série de ponts suspendus, auxquels il a fallu donner une grande hauteur pour ne pas gêner le mouvement du port.

Celui de Williamsburg, inauguré le 19 décembre 1903, a une travée centrale de 486 m 40, son tablier est large de 36 mètres ; il livre passage dans sa partie médiane, entre les organes de suspension des pièces de pont, à six voies ferrées, et porte en encor-

diamètre. A l'étage inférieur, passent quatre voies ferrées et une chaussée centrale de 10 m 67 de large, permettant à quatre véhicules de passer de front. Deux trottoirs pour les piétons sont encore aménagés en porte à faux. Enfin, à l'étage supérieur, quatre voies ferrées sont encore aménagées. La longueur totale de l'ouvrage est de 2.090 m 77.

En 1925, a été inauguré le dernier grand pont suspendu de Bear-Mountain, construit sur le grand bras de l'Hudson.

Cet ouvrage représente une nouveauté aux États-Unis, en ce sens que ce pont est attribué uniquement au trafic routier, tandis que tous les autres étaient destinés principalement au passage des voies ferrées. Ce pont traverse l'Hudson, entre New-York et Albany, mais beaucoup plus près de New-York que de la dernière ville. Il est destiné à donner satisfaction aux touristes en auto

qui veulent passer d'une rive à l'autre en suivant les nouvelles routes, fort pittoresques, taillées à flanc de coteau dans cette région accidentée qui, de chaque colline, livre un panorama admirable aux touristes. La travée centrale du pont a 497 m 43, et la longueur totale de l'ouvrage est de 688 m. Il est soutenu par deux câbles de 0 m 45 de diamètre, constitués par 7.252 fils en acier spécial, résistant à 150 kilogrammes par millimètre carré de section.

Le futur pont suspendu de New-York sera capable de supporter dix voies ferrées

Pour bien faire ressortir la faveur que les ingénieurs américains accordent aux ponts suspendus, il faut signaler encore la construction, qui se poursuit actuellement, de quatre nouveaux grands ponts, dont trois sont du type suspendu souple véritable : l'un, sur la Delaware, à Philadelphie ; l'autre, sur

l'Hudson, à Poughkeepsie, dans l'État de New-York ; le troisième, le pont de Detroit, entre le Canada et les États-Unis ; le quatrième, sur l'Hudson, à New-York.

Le tablier métallique du pont de la Delaware aura 976 m 25 de longueur, dont 533 m 75 pour la travée médiane et 221 m 25 pour chaque travée de rive. Il est porté par deux câbles de 0 m 75 de diamètre. Large de 38 m 37, il comportera, au milieu, une chaussée carrossable de 17 m 35 de large et, de chaque côté, deux voies ferrées disposées de part et d'autre de la suspension du pont.

Au-dessus de ces voies, seront aménagés des trottoirs pour les piétons, en porte à faux, par conséquent comme les voies ferrées. La hauteur au-dessus du fleuve sera de 41 m 23, et les pylônes métalliques supportant les câbles auront 116 m 50 de hauteur.

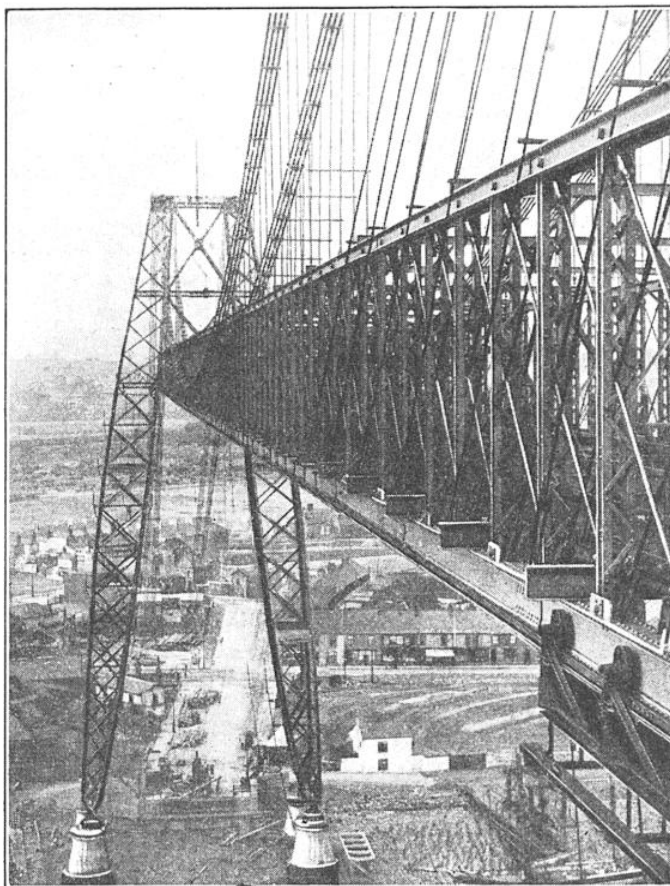
Le second, qui sera construit à Poughkeepsie, sur l'Hudson, possédera un tablier

de 914 m 37 avec une travée centrale de 457 m 185 et deux travées de rive de chacune 228 m 60. La largeur de son tablier sera, d'extérieur en extérieur des poutres, de 16 mètres 15.

Le troisième pont international de Detroit, entre les États-Unis et le Canada, mesurera 600 mètres pour la travée centrale entre les deux pylônes.

Le quatrième dépassera en importance tout ce qui a été exécuté dans le genre jusqu'ici. Toutefois, ce n'est pas un véritable pont suspendu ; il n'en a que l'apparence ; la suspension est

constituée par un véritable arc rigide. La longueur du tablier sera, en effet, de 2.031 m 30, dont 988 m 20 pour la travée centrale, entre pylônes, et 521 m 55 pour chaque travée de rive. La largeur totale de 67 m 10 sera attribuée à dix voies ferrées ; un contreventement supérieur supportera, en porte à faux, de chaque côté de la suspension par conséquent, deux trottoirs pour piétons, de 4 m 60 de largeur, et deux lignes de tramways. Sur le contreventement, une chaussée de 47 m 20 sera réservée aux véhicules. Cette masse sera supportée par



VUE DU PONT SUSPENDU DE NEW-PORT, SUR L'USK (ANGLETERRE)

quatre arcs disposés par paires dans le même plan vertical, à distance de centre à centre de 48 m 80. Chacun de ces arcs sera composé de quatre-vingts barres plates en acier enfermées dans une enveloppe en bronze. Le diamètre de chaque arc sera de 3 m 20.

Peut-on réaliser de nouveaux progrès dans la construction des ponts suspendus ?

Il ne semble pas trop prématuré de tirer les directives générales qui se dégagent avec netteté de l'examen de l'ensemble des ponts suspendus construits, depuis un siècle, dans tout le globe.

D'abord, en ce qui concerne les matériaux mis en œuvre, la longue discussion qui a eu lieu pendant de longues années entre les partisans des câbles en fils d'acier et les partisans des câbles en chaînes, c'est-à-dire avec des barres formant maillons, est complètement résolue.

Ce sont les câbles en fils d'acier qui représentent, pour les fermes en suspension, les dispositions les plus économiques, donnant le maximum de stabilité et la plus grande facilité pour leur remplacement, après un siècle ou deux de service, lorsqu'on réserve le principe de l'amovibilité en leurs points de fixation.

C'est, du reste, avec ces câbles en fils d'acier que l'on pourra franchir les portées de 1.200 à 1.500 mètres ; avec des câbles en chaînes, on arriverait aux plus grands mécomptes pour des raisons évidentes, au point de vue technique, c'est-à-dire sur l'égale répartition de l'effort total entre les barres formant un chaînon de l'arc.

Pour les autres matériaux qui constituent le tablier, les pylônes, les ancrages, un vaste champ pour la recherche de nouvelles solutions, très en progrès, reste ouvert. D'ailleurs, chaque jour en apporte d'autres qui reçoivent la consécration de l'expérience pratique.

Toutefois, l'esprit qui doit guider la recherche de ces solutions nouvelles est celui défini par le maître Charles Rabut, dans la communication à la Société des Ingénieurs

civils de France, le 6 juin 1924, et dont nous avons donné plus haut un extrait.

En dehors des meilleurs matériaux à mettre en œuvre dans les grands ponts suspendus qui seront à construire dans l'avenir, on peut se demander quels sont les types de fermes de suspension les plus indiqués par l'expérience.

De l'ensemble des ponts suspendus construits jusqu'ici, il ressort d'une façon bien nette que, jusqu'à des portées de 200 à 250 mètres, les divers types de fermes de suspension rigides et *isostatiques*, qui ont déjà eu la consécration de la pratique, peuvent être employés au même titre que la ferme de suspension caténaire classique, qui fut celle utilisée par Marc Seguin.

Jusqu'à ces portées de 200 à 250 mètres, tel ou tel type de ferme de suspension peut être plus ou moins avantageux, tant au point de vue économique et rigidité, suivant les conditions spéciales prévues pour : les dimensions du tablier, sa constitution, l'importance des surcharges concentrées, celle des convois couvrant une plus ou moins grande partie du tablier.

Au contraire, au delà de 250 mètres, pour tous les ponts à tablier large, avec des chaussées lourdes en béton de ciment armé et un revêtement en macadam bétonné ou en pavés, les fermes de suspension avec des câbles caténaux représentent la vraie solution à utiliser.

Les derniers grands ponts en construction de la Delaware, de Poughkeepsie, de Detroit, corroborent bien, du reste, la conclusion que les ouvrages précédents, d'égale importance, avaient déjà indiquée.

Il est très probable que le pont suspendu de l'avenir sera constitué uniquement au moyen de deux matériaux. Les câbles seront en fils d'acier de premier choix à très haute résistance pour la suspension ; le béton de ciment armé et fretté constituera entièrement le tablier, les pylônes et les ancrages.

D'ailleurs, en France, les ouvrages modernes, en cours de construction, réalisent déjà la presque totalité de cette conception.

G. LEINEKUGEL LE COCQ.



DEUX MÉTALLURGIES BIEN FRANÇAISES : LE NICKEL ET L'ALUMINIUM

Par Léon GUILLET

MEMBRE DE L'INSTITUT, DIRECTEUR DE L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES,
PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

L'aluminium et le nickel sont relativement des nouveaux venus dans la métallurgie, puisque leur préparation date des travaux de H. Sainte-Claire-Deville (1818-1881), pour le premier, et Jules Garnier (1816-1881), pour le second. Leur métallurgie n'est pas comparable aux procédés d'obtention des métaux les plus anciens, tels que le fer, le cuivre, le plomb, l'or, connus et employés dès l'antiquité. M. Léon Guillet, l'un des savants qui font le plus honneur à la métallurgie moderne, a bien voulu rédiger, pour La Science et la Vie, une étude de haute vulgarisation technique pour montrer comment on obtient, aujourd'hui, ces deux métaux : le nickel et l'aluminium, dont les applications sont de plus en plus répandues dans les différentes industries, surtout sous forme d'alliages, présentant des propriétés des plus remarquables.

NUL n'ignore le rôle important que la France joue dans la métallurgie du fer, et chacun sait que, tant au point de vue histoire qu'au point de vue puissance de production et qualité de ses fabrications, la sidérurgie de notre pays occupe une place de tout premier ordre.

On connaît moins l'influence que nous avons eue sur certaines autres métallurgies. Il en est deux qui sont bien françaises : par leur origine,

de l'aluminium. Très différentes l'une de l'autre, elles présentent, dans leur passé comme dans leur présent et même dans l'avenir que l'on entrevoit, des points du plus haut intérêt scientifique et technique.

La naissance des deux métallurgies au XIX^e siècle

On peut dire que ces métaux furent, tous deux, des curiosités de laboratoire jusqu'au jour où deux grands Français, l'explorateur Gar-



H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE
(1818-1881)

par les méthodes utilisées et par les résultats obtenus, même au point de vue économique.

Ce sont les métallurgies du nickel et

niel pour le nickel, le chimiste Henri Sainte-Claire Deville pour l'aluminium, eurent apporté leur contribution.

C'est, en effet, Garnier



MINET

Précurseur de la métallurgie moderne de l'aluminium.



HÉROULT

Créateur de la métallurgie moderne de l'aluminium.

qui, en découvrant les gisements de la Nouvelle-Calédonie, formés de silicate de magnésium, de fer et de nickel, minéral qui porte son nom (garnierite), devait permettre la fabrication du nickel.

C'est Henri Sainte-Claire Deville qui, en créant une méthode chimique de traitement du chlorure double d'aluminium et de sodium par le sodium, devait ouvrir la voie industrielle au nouveau métal léger, entrevu par Wohler.

Assurément, les deux premières méthodes métallurgiques, créées par ces deux chercheurs, devaient laisser bientôt place à d'autres moyens de production. Cependant, la méthode de Sainte-Claire Deville gouverna sensiblement la production mondiale de l'aluminium de 1856 à 1886, et l'usine Pechiney, à Salindres (Gard), berceau de la grande Compagnie Alais-Froges et Camargue, fut à peu près le seul producteur important durant toute cette période.

Donc, pendant trente années, l'aluminium n'a guère été produit que par la méthode chimique de Sainte-Claire Deville : production restreinte, évidemment, production locale, en quelque sorte. Mais c'est encore en France qu'a été découverte la méthode qui régit actuellement la production de l'aluminium dans le monde entier.

Elle est due à Héroult, ancien élève de l'École nationale supérieure des Mines, et a été découverte à l'usine de Froges, dans ce joli petit bourg de la vallée du Grésivaudan. C'est cette méthode que nous décrirons plus loin.

D'autre part, au lendemain de la découverte du minéral calédonien, Garnier chercha logiquement son traitement et voulut opérer comme pour les minerais oxydés, à savoir, par une réduction au four à cuve, le carbone étant l'agent de réduction. On obtint ainsi, sur place, une fonte nickelifère, qui venait se faire affiner à Marseille, aux fours Martin.

Mais l'opération était très délicate et le produit préparé renfermait trop d'impuretés.

Garnier dut renoncer à sa méthode et, aussitôt, apparut le procédé moderne, qui, d'ailleurs, a singulièrement ouvert la voie au traitement des minerais canadiens.

La production du nickel et de l'aluminium dans le monde

On compte, dans le monde, deux grands centres de production de nickel ou, plus exactement, de minerais et de demi-produits. C'est qu'en effet, on le verra plus loin, les méthodes d'extraction du métal du minéral

— quelle que soit la matière première — se font en plusieurs temps et qu'il y a parfois, soit du point de vue économique, soit du point de vue géographique, soit, plus souvent, du point de vue technique, intérêt à ne pas tout faire sur place et à transporter, si ce n'est le minéral, du moins un demi-produit, matte ou oxyde, pour terminer la fabrication près des centres de consommation du métal même.

Ces deux grands centres de production du nickel sont la Nouvelle-Calédonie et le Canada.

En dehors de ces deux pays, la Norvège, l'Allemagne et la Grèce en donnent de faibles quantités. Il existe, il est vrai, en Angleterre, aux États-Unis, en France et en Belgique, des usines produisant le nickel, mais elles importent des demi-produits de Nouvelle-Calédonie et du Canada, et elles ne font qu'achever le traitement. D'ailleurs, aux deux principaux centres correspondent des minerais très différents.

La garnierite est un silicate triple de fer, de magnésium et de nickel, dont le type industriel contient aux environs de 5 à 6 % de nickel.

Au Canada, dans la région du Sudbury (Ontario), on exploite des gisements très importants de pyrites nickelifères ; ce sont des sulfures complexes, contenant en moyenne 45 % de fer, 3 % de nickel, 2 % de cuivre et un peu de métaux précieux.

Pendant de longues années, la Nouvelle-Calédonie a été le seul producteur du monde entier, mais elle est passée au second plan ; le Canada domine actuellement la situation. En 1914, on a extrait de Nouvelle-Calédonie 172.000 tonnes de minéral et du Canada, 712.000 tonnes. Quant à la production même du nickel, elle se résume de la façon suivante :

En 1912 :

États-Unis et Canada	15.000 tonnes.
Angleterre	5.200 —
Allemagne	5.000 —
France	2.100 —
Norvège	400 —
Divers	800 —

Total 28.500 tonnes.

En 1920 :

États-Unis et Canada	19.200 tonnes.
Angleterre	3.200 —
Allemagne	1.000 —
France	1.300 —
Norvège	100 —

Total 24.800 tonnes.

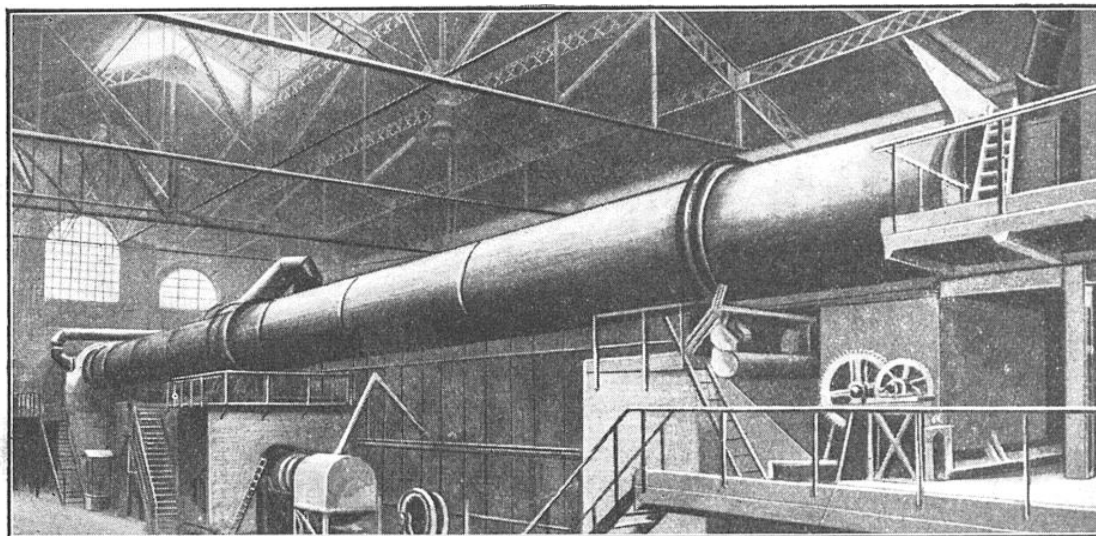
La production a atteint 40.500 tonnes en 1918. On voit que la consommation du nickel a nettement baissé à l'après-guerre. Elle reprend actuellement de façon très sensible.

Quant au prix du nickel, il était de 4 francs le kilogramme en moyenne avant la guerre. Il est passé, à la fin de la guerre, à 7 francs et, dans la période qui a immédiatement suivi, il s'est tenu entre 7 et 8 francs.

Depuis la dévalorisation de la monnaie nationale, le prix du nickel subit des variations fréquentes. Actuellement, il vaut aux

tements du Var (258.000 tonnes en 1913), de l'Hérault (44.000 tonnes la même année), des Bouches-du-Rhône et de l'Ariège (8.000 tonnes), est un très gros producteur (310.000 tonnes en 1913). Aux États-Unis, l'Arkansas (80 % de la production américaine), la Géorgie, l'Alabama et la Tennessee ont fourni, en 1913, 214.000 tonnes, 615.000 tonnes en 1918 et seulement 142.000 tonnes en 1921.

De nombreux gisements existent également en Hongrie, en Autriche (Styrie), en Allemagne (beaucoup plus faible production),



L'ALUMINE HYDRATÉE, PROVENANT DU TRAITEMENT DE LA BAUXITE, MINÉRAI DE L'ALUMINIUM, EST CALCINÉE À 1.200 DEGRÉS DANS CE LONG FOUR CYLINDRIQUE

L'alumine sèche est ensuite dissoute dans un bain de cryolithe fondue, et l'électrolyse de cette solution, faite au four électrique, permet de recueillir l'aluminium.

environs de 20 francs le kilogramme, ce qui ne représente pas, cependant, une hausse équivalente à celle qu'on enregistre pour la plupart des autres métaux.

La situation de l'aluminium est beaucoup plus simple au point de vue minéral, elle est plus complexe au point de vue centre de production. Dans le monde entier, un seul minéral est utilisé : la bauxite, hydrate d'alumine impure, qui doit son nom au gisement des Baux, en Provence, et dont les principales impuretés sont l'oxyde de fer, la silice et souvent l'oxyde de titane.

On a souvent essayé d'extraire l'aluminium de l'argile. Les opérations deviennent alors très complexes, les traitements très coûteux et l'on n'est parvenu à aucun résultat industriel.

Les centres de production de bauxite sont assez nombreux. La France, avec ses dépar-

en Italie (Istrie), en Yougoslavie (Dalmatie), dans l'Inde, dans les Guyanes anglaise et hollandaise, etc. Voici, d'ailleurs, quelle était la répartition de la production mondiale du métal en 1913 et en 1924 :

En 1913 :

États-Unis	22.500 tonnes.
France	14.500 —
Suisse, Allemagne, Autriche	12.000 —
Grande-Bretagne	7.600 —
Canada	5.900 —
Norvège	1.500 —
Italie	500 —
Total.	64.500 tonnes.

En 1924 :

États-Unis	80.000 tonnes.
France	18.500 —
Suisse	15.000 —

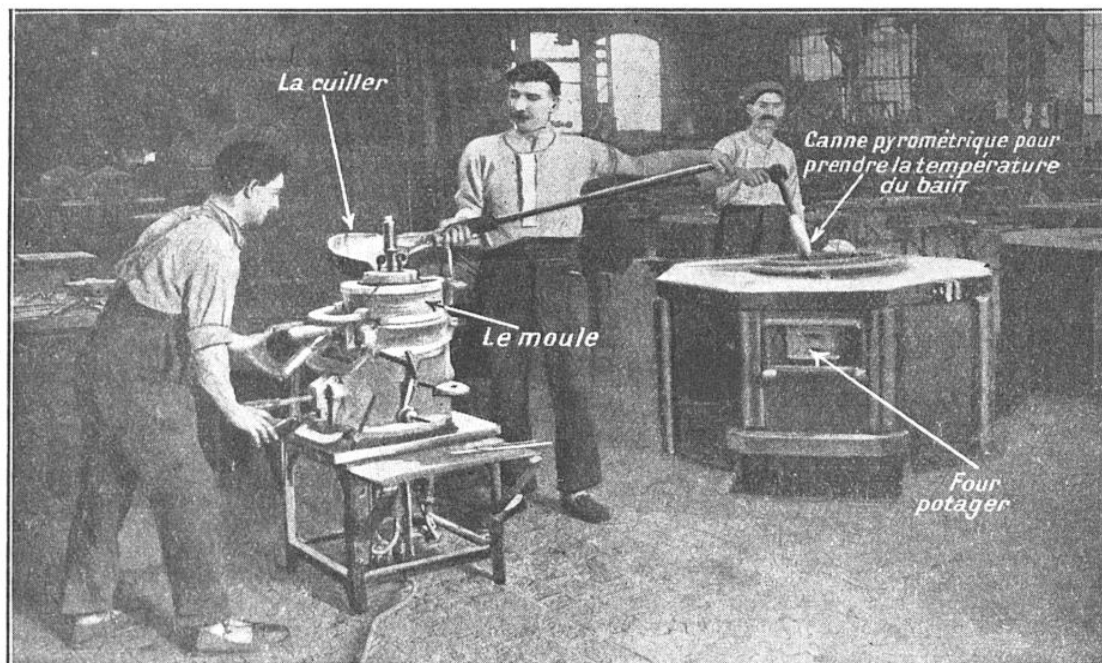
Allemagne	13.000 tonnes.
Autriche.	1.500 —
Grande-Bretagne.....	8.000 —
Canada.	12.000 —
Norvège.....	20.000 —
Italie.	2.000 —

Total. 170.000 tonnes.

La variation du prix de l'aluminium est l'un des plus beaux exemples que l'on puisse

transformée en alumine pure ; dans la seconde, l'alumine pure est dissoute dans la cryolithe fondue et décomposée par le courant électrique (électrolyse).

Ces deux phases sont bien distinctes, tant par les appareils utilisés que par la situation des usines. On opère la purification de la bauxite, soit dans le voisinage de la mine, soit à mi-chemin de l'usine hydroélectrique et, autant que possible, à faible distance de la mine de charbon — dont la consommation



LES ALLIAGES D'ALUMINIUM, DITS « ALLIAGES LÉGERS », SONT TRÈS EMPLOYÉS. ON VOIT ICI LA COULÉE EN COQUILLE D'UNE PIÈCE D'AUTOMOBILE

eiter de l'influence des procédés de fabrication sur les cours d'un métal.

En 1865, le kilo d'aluminium valait 1.250 francs ; en 1883, 100 francs ; en 1886, 78 francs. En 1890, alors que s'affirmait le procédé électrolytique, le prix tombait à 19 francs. En 1893, il n'était plus que de 6 fr. 25 ; en 1895, de 3 fr. 75. Avant la guerre, il s'était stabilisé à 2 francs. Actuellement, l'aluminium vaut 14 francs le kilogramme, à l'état de lingot.

La préparation de l'aluminium comporte deux phases distinctes

Donc l'aluminium ne s'extraît actuellement que de la bauxite. Cette extraction se fait toujours en deux phases. Dans la première — la plus complexe — la bauxite est

compte dans le prix de revient. Au contraire, la phase électrolytique se passe là où l'énergie est de prix faible, donc, très généralement, en pays de montagne, rarement sur des mines de combustible très bon marché (usines construites pendant la guerre en Allemagne sur des gisements de lignite). Nos départements des Alpes et l'Ariège sont ainsi nos seuls producteurs.

Le traitement du minerai au voisinage de la mine donne l'alumine

La bauxite concassée, parfois grillée à 700° pour détruire les matières organiques, et broyée, est attaquée par une solution de soude, dans un autoclave chauffé par la vapeur. L'opération a lieu à une température de 150° à 160°, sous 5 à 6 atmosphères ; elle

deux à trois heures. L'alumine est ainsi mise en solution sous forme d'aluminate de sodium soluble dans l'eau. Les impuretés demeurent insolubles ; mais il est nécessaire de préciser leur nature : le fer demeure sous forme d'oxyde ; la silice donne un silicate double d'aluminium et de sodium également insoluble ; mais on remarque que la séparation de la silice entraîne toujours une perte d'aluminium. Il n'est donc pas étonnant que, dans les achats de bauxite, on cherche à limiter la teneur en silice et l'on notera que les bauxites blanches — généralement assez riches en silice — ne sont pas toujours les plus intéressantes à traiter.

A la sortie de l'autoclave, le liquide est filtré ; les impuretés : oxyde de fer, silicate double d'aluminium et de sodium, demeurent sur le filtre et le liquide clair correspond à une solution d'aluminate de sodium dans l'eau.

De cette solution, il faut précipiter maintenant l'alumine. On profite de l'instabilité de cette solution pour la décomposer, en y ajoutant un peu d'alumine hydratée provenant d'une opération antérieure pour que toute l'alumine soit précipitée. Il reste une solution de soude, que l'on concentre pour l'utiliser à nouveau.

Le précipité d'alumine hydratée est filtré, lavé et calciné à 1.300°. On a ainsi une alumine plus dense, qui n'est pas hygrométrique et supporte fort bien le transport de l'usine où elle a été produite à l'usine électrolytique.

L'électrolyse de l'alumine au four électrique fournit l'aluminium

Quant à la seconde phase de la métallurgie de l'aluminium, qui se passe près des

chutes d'eau, elle est relativement simple. L'alumine pure, préparée comme il vient d'être dit, est versée dans un bain de cryolithe fondue, utilisée seulement comme dissolvant ; elle donne de l'aluminium et de l'oxygène ; ce gaz se combine au carbone des électrodes formant le pôle positif et le brûle, d'où consommation relativement élevée de ces électrodes coûteuses. Quant à l'appareil utilisé, c'est un four électrique. L'opération

se passe à 850°.

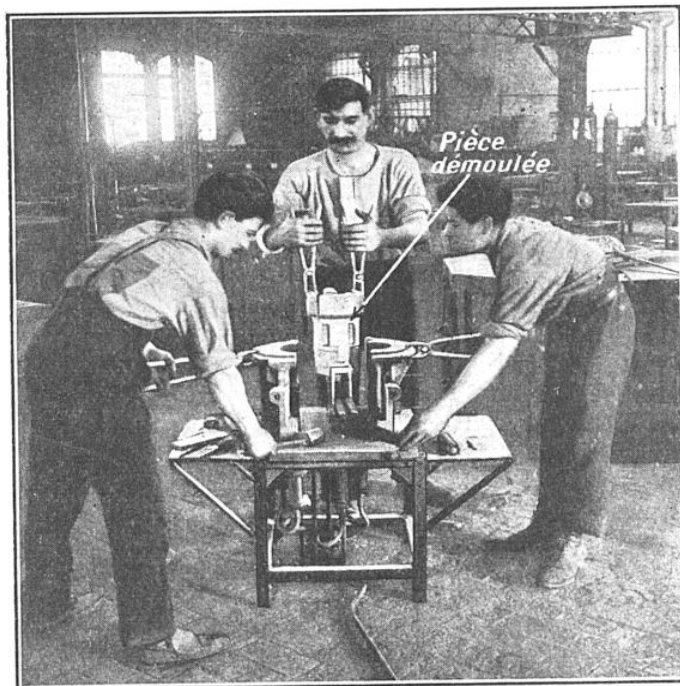
Les anodes sont faites de coke de pétrole aggloméré et trempent verticalement dans le bain ; la cathode est constituée par un sommier d'acier recouvert de briques de carbone formant le fond de la cuve elle-même.

L'aluminium un peu plus dense que le bain, se rassemble au fond de la cuve. La densité de l'aluminium solide est de 2,7 ; celle de l'aluminium liquide, 2,54 ; celle de l'électrolyte, 2,15 à 2,30.

Le courant utilisé est d'environ 8 volts ; les fours sont généralement de 10.000 ampères, parfois plus ; le nombre et la section des électrodes sont tels qu'il passe 2 ampères par centimètre carré de la section.

La coulée de l'aluminium a lieu environ tous les deux jours. Ou bien on ouvre un trou de coulée situé au point bas de la cuve, ou bien on place dans la cuve un cône réfractaire descendant, à travers le bain, jusqu'au métal, et on puise celui-ci à la cuiller.

Peut-être paraîtra-t-il intéressant de citer quelques chiffres précis de consommation. Ils montreront que bien naïfs sont ceux qui regardent la métallurgie de l'aluminium comme une opération purement électrometallurgique et ne consommant pas de charbon.



LE MOULE SE SÉPARE EN DEUX PARTIES POUR PERMETTRE D'EN RETIRER AISÉMENT LA PIÈCE COULÉE, APRÈS REFROIDISSEMENT

On obtient, par kilowatt-heure : 30 grammes d'aluminium ; par cuve et par vingt-quatre heures : 50 à 55 kilogrammes.

La production d'une tonne d'aluminium exige : 2 tonnes d'alumine ; 1 tonne d'électrodes ; 5 tonnes de bauxite ; 10 tonnes de charbon ; 1 tonne de soude ; 1 tonne de produits divers.

Parmi ces produits divers se trouve la toile de filtration ; quand les usines françaises sont en plein rendement, elles consomment 40 tonnes de soude et 1.500 mètres carrés de toile de filtration *par jour*. On ne peut donc pas s'étonner que certaines importantes sociétés aient été conduites à réaliser un vaste programme embrassant la fabrication de matières premières nécessaires, telles que la soude.

Voici, notamment, le magnifique effort qu'a donné la Compagnie d'Alais-Froges et Camargue, notamment à son usine de Saint-Auban :

C'est là qu'elle transforme la bauxite de ses mines du Var en alumine pure, destinée à ses usines électrométallurgiques de Savoie. Saint-Auban est située dans le département des Basses-Alpes, à mi-chemin des mines et de la Savoie ; elle reçoit son charbon des mines de lignite des Alpes.

La Compagnie d'Alais y a entrepris la fabrication de la soude par électrolyse du chlorure de sodium, et cela en vue de satisfaire ses propres besoins. Comme sous-produit de la fabrication de la soude, on obtient du chlore, que l'on utilise également dans la fabrication des produits chlorés organiques : tétrachloréthane, trichloréthylène, acide chloracétique, sans préjudice de préparation de produits inorganiques, tels que chlorure de chaux, eau de Javel, chlore liquide.

On voit ainsi à quoi peut entraîner la fabrication de l'aluminium.

Le nickel est extrait de deux minerais :

La métallurgie du nickel est non moins curieuse, non moins complexe que celle de l'aluminium. Déjà le traitement de la garnierite n'est point aisé, mais plus délicate encore — du moins dans sa dernière période — est l'exploitation des pyrites canadiennes.

Traçons, dans leurs grandes lignes, les principes de ces métallurgies : la *garnierite*, silicate complexe de nickel, est transformée en sulfure par l'intervention de sulfate de chaux (gypse) et de carbone.

On obtient ainsi une matte — sulfure double de nickel et de fer — et une scorie qui retient la gangue. On peut, d'ailleurs, si

cela est nécessaire, concentrer cette matte — comme dans la métallurgie du cuivre — par un grillage suivi d'une nouvelle fusion.

Le sulfure double obtenu sort liquide du four de fusion ; il est reçu dans un convertisseur, semblable, aux dimensions près, à ceux utilisés pour traiter les mattes de cuivre. Ici, le convertissage n'a qu'un but, enlever le fer : la matte liquide est traversée par l'air sous pression ; le fer s'oxyde et se combine à la silice du revêtement du convertisseur ou à celle que l'on ajoute, comme dans les convertisseurs basiques modernes.

Du sulfure de nickel assez pur obtenu, on extrait le nickel, non par une fusion réductrice — comme dans la fabrication de la fonte ou dans la métallurgie du plomb — mais par une calcination réductrice à une température inférieure à celle de fusion du métal. L'oxyde ainsi obtenu est pulvérulent ; on l'agglomère, généralement sous forme de petits cylindres, avec de la farine et on le place dans des cornues entourées de charbon pulvérulent. Ces cornues sont chauffées à température élevée (1.250° ; le nickel fond à 1.480°). L'oxyde de nickel est ainsi réduit par le carbone, les agglomérés gardant leur forme. Mais ce nickel n'est pas malléable en raison de sa forme poreuse et des quelques impuretés qu'il contient. Pour le laminier, il est nécessaire de le fondre et de lui ajouter du magnésium, qui le désoxyde et le désulfure.

Les *pyrites canadiennes*, sulfures complexes de fer, de cuivre et de nickel, sont traitées comme un minerai de cuivre. C'est dire qu'elles subissent des grillages et des fusions pour mattes. Le résultat de ces opérations est un sulfure triple de fer, de cuivre et de nickel. On le passe, comme il a été dit, au convertisseur pour enlever le fer (déferrage), et il reste un sulfure double de cuivre et de nickel.

Ici, l'extraction du nickel devient fort complexe et, par conséquent, très difficile à décrire en quelques lignes. Donnons-en, cependant, une idée. Trois procédés peuvent être employés pour séparer le cuivre du nickel dans leur sulfure.

Le plus ancien — celui d'*Oxford* — consiste à fondre le sulfure de cuivre et de nickel en présence d'un mélange de sulfate de sodium et de carbone. Le sulfure de sodium absorbe le sulfure de cuivre et forme une couche légère qui vient surnager le bain. En s'y prenant à plusieurs reprises, on obtient une séparation complète. Il suffit de lessiver le sulfure double de cuivre et de sodium pour isoler le sulfure de nickel,

lequel est ensuite traité comme celui provenant de la garnierite.

Le second procédé, extrêmement original, est celui de *Mond*, utilisé dans le pays de Galles. La matte complexe est grillée et traitée par l'acide sulfurique qui dissout surtout le cuivre. Puis, après filtration, elle est placée dans une tour où l'on fait passer un courant de gaz à l'eau (oxyde de carbone et hydrogène). L'oxyde de nickel est réduit sur place, mais le nickel ainsi obtenu est mélangé au reste de la masse. On fait alors passer un courant d'oxyde de carbone qui donne le nickel carbonyle gazeux ; ce gaz passe dans une tour où il est dissocié à 200°. Le nickel s'y dépose sur des nodules du métal qui sont très purs.

Un troisième procédé, qui gagne du terrain (le procédé *Hybinette*), consiste à griller la matte, à la traiter par l'acide sulfurique pour

dissoudre une partie du cuivre et à la fondre pour la couler en plaques.

Ces plaques sont placées dans une cuve d'électrolyse ; elles y servent d'anodes ; le liquide est un sulfate de nickel, les cathodes sont formées de plaques de charbon ; avec un courant de 3 à 4 volts et une intensité de 100 ampères par mètre carré, on dépose du nickel assez pur à la cathode.

Enfin, il faut signaler une utilisation très remarquable du sulfure double de cuivre et de nickel : on le grille complètement, on le réduit par le carbone, et l'on a ainsi un alliage cuivre-nickel qui renferme un peu de fer et offre des qualités de résistance aux agents atmosphériques très remarquables, en même temps que d'intéressantes propriétés mécaniques : c'est le monel-métal.

Telle est, trop brièvement résumée et tracée dans ses grandes lignes, la situation technique de la métallurgie du nickel.

Le nickel et ses applications

Le nickel trouve son principal usage dans la fabrication des aciers spéciaux : aciers simplement au nickel et surtout les aciers nickel-chrome, ou même plus complexes, que l'automobilisme, l'aviation, l'armement militaire et maritime — notamment la fabrication des plaques de blindages — consomment en très importante quantité.

Le nickelage d'une part ; d'autre part,

la fabrication de certains autres alliages, notamment les cupro-nickels, les maillechorts, alliages de cuivre, de nickel et de zinc, en utilisent des quantités notables, ainsi que certains alliages obtenus en partant du minerai par grillage et réduction (monel-métal). Enfin, le nickel à l'état métallique est aussi employé en monnayage, pour la préparation des ustensiles culinaires.



LA COULÉE D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM

res. Notons, d'ailleurs, que le nickel est le plus résistant aux efforts mécaniques des métaux industriels, en dehors de toute question d'alliage.

L'aluminium et ses alliages légers

Les usages de l'aluminium sont extrêmement nombreux, en raison de sa faible densité, de sa haute conductibilité électrique et parfois de son aspect extérieur. Il n'a pas en lui-même des propriétés mécaniques remarquables (charge de rupture : 10 kilogrammes par millimètre ; allongement 30 % sur métal laminé recuit).

À l'état métallique, on l'emploie sous toutes formes : tôles, cornières, fils, etc... L'aluminium est très utilisé dans la fabrication des récipients de brasserie, laiterie, fromagerie, des ustensiles alimentaires ; les industries automobiles et aéronautiques, la carrosserie en consomment énormément.

Les câbles d'aluminium sont utilisés de façon courante dans les transports d'énergie.

Enfin, l'aluminium se réduit facilement en feuilles extrêmement minces (papier d'aluminium), ou en paillettes (peinture), ou en grains. Ceux-ci servent surtout pour l'aluminothermie, opération dans laquelle on mélange l'aluminium en grains avec certains oxydes, on amorce la réaction en un point par une cartouche d'allumage (bioxyde de baryum et aluminium) ; la réaction se propage, l'aluminium réduit l'oxyde en dégageant une température très élevée.

On peut ainsi produire des métaux relativement purs :

chrome, tungstène manganèse, ou bien, en employant un oxyde commun comme l'oxyde de fer, utiliser la grande chaleur dégagée pour faire certaines opérations, telles que la soudure des rails.

Mais le débouché le plus important de l'aluminium réside dans la fabrication des alliages : alliages lourds, tels que les bronzes d'aluminium, contenant au moins 89 % de cuivre et qui sont utilisés pour nos monnaies ; alliages légers, contenant au moins 85 % d'aluminium (1).

Le duralumin, qui contient 95 % d'aluminium, un peu de cuivre et de petites quantités de magnésium, est utilisé après trempe et séjour à la température ordinaire. Il présente une charge de rupture d'environ 40 kilogrammes par millimètre carré, avec 20 % d'allongement. Il se lamine, se forge, se matrice aisément.

L'alpax, qui ne s'emploie qu'en pièces moulées, renferme 13 % de silicium. Pour avoir toutes ses qualités, il doit subir, au moment de la coulée, un affinage par le sodium ou par des sels alcalins. Il donne alors — brut de coulée — une charge de rupture d'environ 20 kilogrammes par millimètre carré, avec 5 à 7 % d'allongement. Il permet d'obtenir des pièces extrêmement complexes, tellement il se coule aisément.

On peut citer encore des portières de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 103, janvier 1926.

chemins de fer, des trains, des roues d'autobus, etc... Une voiture actuellement en essais, entièrement construite en métaux légers, pèse 380 kilogrammes ; on construit aussi une petite locomotive d'essais dont une grande partie des organes sont en alliages légers ; elle pèse 5 tonnes, le poids du même type ordinaire étant de 15 tonnes. Enfin, au récent Salon de l'Automobile, on a vu des carrosseries formées de panneaux d'alpax démontables. D'ailleurs, on essaie des blocs moteurs en alpax, dont les cylindres sont simplement garnis d'une chemise de fonte.

Ces exemples suffisent à prouver les services considérables que l'aluminium rend à l'industrie (1).

Nickel et aluminium contribueront de plus en plus aux progrès de la construction mécanique

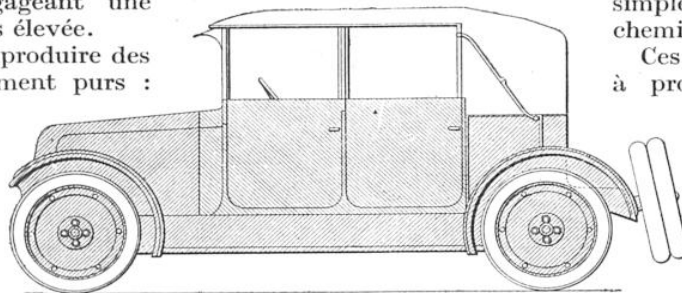
L'avenir apportera encore, sans doute, de grands perfec-

tionnements : déjà le four électrique produit, en Nouvelle-Calédonie, des ferro-nickels ; demain, ceux-ci, traités par électrolyse, donneront du nickel très pur. Les recherches en cours de tous les côtés vont aussi perfectionner les alliages d'aluminium, déjà si intéressants. Certains corps, encore curiosités de laboratoire, entreront en jeu. Et ce métal, dont on a tant redouté l'oxydation par les agents atmosphériques, va jouer, soit dans la protection à température élevée des aciers (calorisation ou cémentation de l'acier par l'aluminium), soit, mieux encore sous forme d'acier à l'aluminium, dans la préparation de surfaces extrêmement dures par nitruration (cémentation des aciers à l'aluminium par l'ammoniaque à 500°), un rôle vraiment de premier plan.

Ne parle-t-on pas, enfin, d'une méthode nouvelle de raffinage de l'aluminium, donnant du métal à 99,9 %, ayant notamment des allongements extraordinaires !

L. GUILLET.

(1) L'emploi de plus en plus répandu de l'aluminium, métal d'origine française, diminuera d'autant nos importations de métaux étrangers (cuivre, étain, etc.).



Alpax coulé (Silumin)
Duralumin (ou similaires) en profilés et en tôles

LES ALLIAGES LÉGERS SONT TRÈS UTILISÉS DANS LA CONSTRUCTION AUTOMOBILE. DANS CETTE VOITURE D'ESSAIS, LA CARROSSERIE ET LES ROUES SONT EN ALPAX ET EN DURALUMIN

QU'EST-CE QUE LE VIDE ?

Comment le fabrique-t-on ? A quoi sert-il ?

Par Marcel BOLL

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES

« La nature a horreur du vide », proclamait le moyen âge, qui fut, en somme, une époque de régression scientifique. Au XVII^e siècle, Torricelli montra que cette « horreur » est toute relative, puisqu'elle cesse à des hauteurs de 10 m 33 pour l'eau et de 0 m 76 pour le mercure. On sait, aujourd'hui, que, dans l'univers, le plein occupe un volume incomparablement plus faible que le vide, dont sont faites les immensités interstellaires. Le monde moderne a domestiqué le vide, en l'obligeant à accomplir les besognes les plus variées. Notre éminent collaborateur s'est proposé de nous les décrire, et il a réussi à nous faire comprendre ce qui distingue le vide usuel, le vide classique, pourrait-on dire, du vide moléculaire, cette admirable découverte contemporaine, qui sera, sans doute, le point de départ des applications les plus inattendues.

Ce que le vide n'est pas

COMME l'écrivait récemment Georges Urbain, l'éminent chimiste, « la vie moderne est devenue bien compliquée et souvent difficile. Tout le monde ne peut pas prolonger ses études au delà d'un certain âge, et il me semble bien que le premier devoir de ceux qui savent est d'aider ceux qui désirent savoir... et ils sont légion dans un pays où l'intelligence est aussi fréquente que dans le nôtre. » C'était là prôner la nécessité et l'importance de la vulgarisation scientifique, dont les qualités maîtresses sont la clarté et l'exactitude ; lorsqu'on s'adresse au grand public cultivé, lorsqu'on assume la responsabilité de lui faire entrevoir les principales idées directrices qui animent la science contemporaine, la première condition est de dominer de très haut son sujet, afin de ne jamais risquer une affirmation qui ne fût approuvée par l'ensemble des savants compétents. Bref, un vulgarisateur — dans la bonne acception de ce mot — doit, avant tout, être capable de se promener avec aisance dans le labyrinthe des équations mathématiques, qui sont seules capables de décrire avec précision les phénomènes de l'univers ; mais

il faut le supposer, en outre, apte à choisir, parmi ces équations, celles dont le contenu mérite de franchir le seuil des laboratoires ; c'est alors qu'il repensera, pour autrui, ces formules rébarbatives et que, sans en rien laisser paraître, il en révélera « la substantifique moelle » à tous ceux qui voudront prendre la peine de réfléchir quelque peu.

Ces généralités sont utiles au moment où j'aborde, pour les lecteurs de *La Science et la Vie*, la passionnante question du vide. Je dis bien : le vide et non pas « l'éther », hypothèse désuète depuis le jour, déjà ancien (1865), où le savant anglais James Clerk Maxwell expliqua la propagation de la lumière à travers l'espace par son immortelle théorie électromagnétique (1). On ne peut que déplorer cette persistance à user d'un terme qui ne correspond à rien, et on ne m'en voudra pas d'indiquer que mon opinion coïncide avec ce qu'écrivit le physicien Charles Fabry, professeur à la Sorbonne, dans un ouvrage qui

vient de paraître : « On a imaginé un milieu qu'on appelle l'éther, et on a été conduit à

(1) J'ai expliqué cette théorie et la décadence de l'éther dans « Qu'est-ce que la lumière ? Qu'est-ce que la couleur ? » *La Science et la Vie*, pages 115-125, février 1926.



MARTIN KNUDSEN

Physicien danois contemporain. Ce sont ses travaux sur l'écoulement des gaz qui ont permis l'obtention de l'air ultrararéfié.

GAZ COMPRIMÉS ET GAZ RARÉFIÉS

DÉSIGNATION	PRESSIONS EN ATMOSPHÈRES (ou en kilogrammes par centimètre carré)	COLONNE DE MERCURE DE MÉRIQUE ÉQUIVALENTE	NOMBRE DE MOLÉCULES PAR CENTI- MÈTRE CUBE	LIBRE PARCOURS MOYEN DES MOLÉCULES	APPLICATIONS
Plus haute pression mesurée	30.000	24 kilomètres	10.000 milliards de milliards	2 dix-millionièmes de millimètre	AIR COMPRIMÉ Outillage pneumatique Moteurs; freins Travail sous l'eau Correspondance pneumatique Nettoyage par le vide AIR RARÉFIÉ Évaporation rapide Tubes luminescents Lampes à incandescence AIR ULTRARARÉFIÉ Tubes à rayons X Lampes audions
Pression atmosphé- rique	1	76 centimètres	30 milliards de milliards	1 dix-millième de millimètre	
Début du vide mo- léculaire	0,00000013	1 micron (1 millième de mil- limètre)	40 millions de millions	6 centimètres	
Limite du vide mo- léculaire	0,000000000000013	1 dix-millionième de micron	4 millions	640 kilomètres	

inventer les propriétés de ce milieu. Si on essaye de construire ce milieu suivant les propriétés connues de la matière, on arrive à des résultats absurdes... La théorie électromagnétique est plus près des faits expérimentaux que la théorie de l'éther. Elle est plus modeste aussi, car elle ne prétend pas nous donner une image du milieu propagateur... La théorie électromagnétique prévoit des faits nouveaux, dont la théorie de l'éther est incapable de rendre compte. » Ces phrases d'un savant, qui est incontestablement bien plus un expérimentateur qu'un théoricien, doivent mettre en garde les esprits, curieux de comprendre, contre ce que j'appelais (1) *les erreurs qui courent les rues*.

Mais alors, dira-t-on peut-être, si on renonce à l'éther, le vide s'identifie au néant ! Nouvelle erreur, aussi grave... Nous verrons que les meilleurs vides réalisés jusqu'à ce jour renferment *plusieurs trillions* de fois moins de matière que l'air ordinaire. Et, cependant, ce vide conserve deux propriétés fondamentales, qui lui appartiennent, qui sont bien à lui, puisque nos machines perfectionnées sont impuissantes à les lui enlever :

1° Un litre de vide pris sur la Terre ne resterait pas identique si on le portait sur la Lune : les actions de gravitation y seraient différentes, ou, pour parler comme Einstein, « l'espace n'y aurait pas la même courbure » ; nos vides continuent à être le siège d'un *champ gravifique*.

2° Le vide contient aussi du rayonnement en équilibre : il est le siège de *champs électromagnétiques*, rapidement variables. C'est non seulement le cas pour les ampoules « pleines de vide » que nous examinons à la lumière du soleil ou de nos lampes, mais cela resterait vrai pour du vide placé dans l'obscurité, à 272 degrés au-dessous de zéro.

Peu à peu, la science nous a obligé à admettre que le meilleur moyen — je dirais volontiers : le seul moyen — de connaître « quelque chose », c'est d'en décrire les propriétés. Nous connaissons ce « quelque chose », cet espace intermoléculaire qui sépare la matière la plus diluée. Pour nous conformer à l'usage — ce qui, ici, n'offre aucun inconvénient — nous appellerons *vide* l'ensemble formé par cet espace intermoléculaire et les molécules qui s'y trouvent, à la seule condition que ces dernières y soient plus rares que dans l'air atmosphérique.

(1) J'ai expliqué cette théorie et la décadence de l'éther dans « Qu'est-ce que la lumière ? Qu'est-ce que la couleur ? » *La Science et la Vie*, pages 115-125 février 1926.

Ce que contient d'air un centimètre cube

J'ai eu l'occasion de rappeler, à propos d'une étude familière sur la chaleur (1), que la matière est constituée par un très grand nombre de parcelles ou *molécules*, dont on a évalué les dimensions par plusieurs méthodes, étonnamment convergentes : le rayon des molécules est voisin du dix-millionième de millimètre. Ce qui est peut-être moins connu, c'est que ces molécules sont *en mouvement perpétuel* et que de tels mouvements sont parfois d'une violence formidable, notamment dans les gaz, moins dans les liquides, tandis que, fixées sous forme de solides, les molécules restent à peu près sur place, en dansant et en tournoyant sur elles-mêmes.

Afin de nous faire une idée de ce fourmillement sans relâche, auquel nous sommes sourds et aveugles, sachons que, dans l'air ambiant, les molécules cheminent à raison d'un demi-kilomètre par seconde, 30 kilomètres par minute, *1.800 kilomètres à l'heure* ; nos pauvres petits records d'automobiles et d'avions font une piètre figure à côté de la vitesse des projectiles qui frappent incessamment notre épiderme. Au surplus, ce grouillement des molécules, chacune pour son propre compte, n'a rien de commun avec ce déplacement tout d'un bloc, avec la vitesse infime de 5, 10 ou 20 mètres par seconde, que nous qualifions de brise, de vent ou de bourrasque : c'est dans l'air parfaitement calme que les molécules abattent leurs deux mille kilomètres à l'heure.

Malgré ces énormes vitesses, les physiiciens sont parvenus, dès le milieu du siècle dernier, à dénombrer ces molécules, à savoir combien il y en a dans un volume connu d'air. Ainsi, dans un centimètre cube d'air, pris dans les conditions habituelles, il y a *30 milliards de milliards* de molécules : ce nombre est, d'ailleurs, connu avec une précision comparable à celle qu'obtiennent les statisticiens lorsqu'ils se livrent au recensement d'un pays. Pour se rendre compte de la grandeur fantastique d'un tel nombre, un calcul facile montre que, si quelqu'un se proposait de compter ces molécules — présentes dans un centimètre cube d'air — en en séparant, toutes les secondes, un tas d'un milliard, l'opération durerait dix siècles ! Si vous préférez, voici une image tout aussi frappante : en concrétant chaque molécule par un grain de sable, notre centimètre cube d'air correspondrait à une

(1) « Qu'est-ce que la chaleur ? » *La Science et la Vie*, pages 275-284, octobre 1925.

couche de sable qu'on étalerait, par exemple, suivant une épaisseur de cinq centimètres ; vous doutez-vous de la superficie que cette couche de sable recouvrirait ? La superficie de la France tout entière, depuis la mer du Nord jusqu'aux Pyrénées, depuis le mont Blanc jusqu'à Brest...

L'atmosphère, qui nous paraît si limpide, si diaphane, est donc un domaine surpeuplé ; il n'est pas étonnant qu'avec cette agitation désordonnée des molécules, les rencontres soient extrêmement fréquentes : une molécule rencontre une de ses voisines tous les cinq milliardièmes de seconde, ou, ce qui revient au même, elle ne parcourt, en moyenne, qu'un dix-millième de millimètre en ligne droite ; ce trajet effectué, la molécule est brusquement déviée de sa route par un choc contre une autre molécule. Le trajet ainsi parcouru en ligne droite s'appelle le *libre parcours moyen* : il mesure le « degré de vide » d'un gaz ou son « degré de compression », comme on s'en rendra compte par un simple coup d'œil au tableau que nous avons dressé page 194.

Qu'entend-on par pression ?

Lorsqu'il s'agit de l'air atmosphérique, les chocs des molécules s'effectuent, dans l'immense majorité des cas, contre d'autres molécules gazeuses. Néanmoins, il arrive parfois que certaines molécules viennent frapper contre la surface des corps solides : murs, planchers, plafonds, objets qu'elles rencontrent. C'est ce choc qui constitue ce qu'on appelle la *pression atmosphérique*.

Il est intéressant d'étudier ce bombardement moléculaire sur une surface quel-

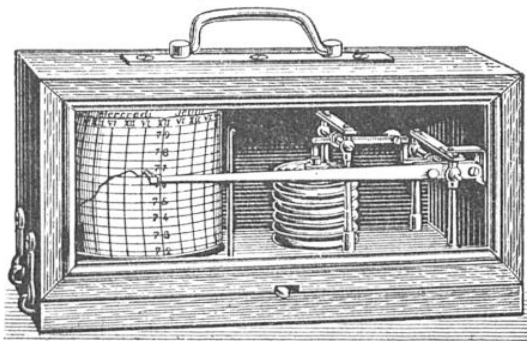


FIG. 1. — BAROGRAPHE

La partie essentielle est un empilement de boîtes cylindriques flexibles où on a fait le vide ; lorsque les molécules de l'air extérieur deviennent plus nombreuses, les boîtes s'affaissent, le baromètre monte. On peut ainsi enregistrer la pression atmosphérique de toute une semaine.

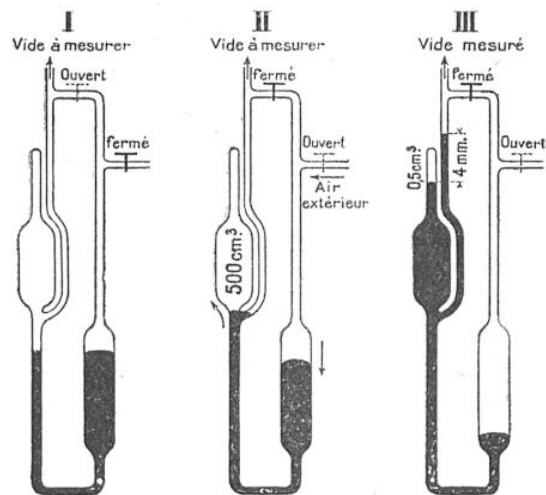


FIG. 2. - COMMENT ON MESURE UN VIDE ÉLEVÉ

En I, la jauge est prête à servir. Par un jeu de robinets, on emprisonne (II) un volume de 500 centimètres cubes. En III, ce volume est réduit au millième de sa valeur ($0\text{ cm}^3\ 5$), et on observe une dénivellation de 4 millimètres. Le vide à mesurer est donc de 4 millièmes de millimètre de mercure (ou, comme on dit, de 4 microns de mercure).

conque d'un centimètre carré placée dans l'air, suivant n'importe quelle direction. Cette surface reçoit, toutes les secondes, les molécules contenues dans un cylindre d'un centimètre carré de base et haut de 250 mètres (1) — presque la hauteur de la Tour Eiffel. Certes, chacun de ces chocs individuels n'a qu'une importance minime, mais ces chocs sont si nombreux qu'il en résulte une pression relativement grande, une pression d'« une atmosphère », pratiquement égale au poids d'un kilogramme qui serait réparti sur un centimètre carré (2).

Un moyen bien connu d'équilibrer cette pression, c'est de répéter l'expérience de Torricelli (1643) : un cylindre de mercure (densité 13,6) d'un centimètre carré de base et de 76 centimètres de hauteur pèse

(1) Je rappelle que la vitesse des molécules est de 500 mètres par seconde (à la température ordinaire) ; mais, si on adopte le nombre 250, c'est que la moitié des molécules se dirige vers la surface et l'autre moitié en sens inverse.

(2) On voit que la pression atmosphérique peut être considérée de deux manières différentes :

a) *Statiquement* ; elle est alors due au poids de toutes les molécules situées au-dessus d'un centimètre carré (supposé horizontal) ;

b) *Dynamiquement* ; elle correspond, dans ce cas, au choc des molécules, et celles qui arrivent toutes les secondes sont contenues dans un cylindre haut de 250 mètres.

C'est, d'ailleurs, le poids de toutes les molécules de l'atmosphère qui fixe le nombre des molécules heurtant, chaque seconde, un centimètre carré de surface.

à peu près un kilogramme. Ce n'est pas le lieu de rappeler ici les divers types de baromètres et de manomètres, qui sont tous construits pour résister aux bombardements moléculaires, les uns grâce au poids d'un certain volume de mercure, les autres par l'utilisation de l'élasticité des solides (baromètres enregistreurs, fig. 1, et manomètres métalliques). Au contraire, il convient de donner le principe d'un appareil capable de mesurer les vides élevés, car bien des lecteurs se demanderaient comment il est possible d'apprécier des vides d'un millionième d'atmosphère, par exemple (un millième de millimètre de mercure).

L'appareil de mesure le plus important reste la *jauge*, inventée, il y a juste cinquante ans, par l'Anglais MacLeod (fig. 2). En agissant sur des robinets, on commence par emprisonner dans la jaugue proprement dite (qui est en verre) un certain volume du « vide » à mesurer, soit 500 centimètres cubes ; la pression atmosphérique comprime

alors ce « vide » à un millième de son volume, soit un demi-centimètre cube, ce qui a pour effet de rendre les molécules mille fois plus rapprochées, donc la pression mille fois plus grande. Si la dénivellation est de 4 millimètres, cela prouve que la pression du petit volume est de 4 millimètres de mercure, et celle du volume emprisonné de 4 millièmes de millimètre de mercure : c'est aussi celle du vide qui nous intéresse.

Il n'est, d'ailleurs, pas impossible de rendre l'instrument plus sensible. D'autres appareils ont été imaginés en se ba-

sant sur quelques-uns des phénomènes que nous rencontrerons par la suite.

Pompes et trompes

En principe, il y a deux sortes de « vides », comme l'indique notre tableau de la page 194 : les *vides usuels* et le *vide moléculaire*. Occupons-nous tout d'abord des premiers.

C'est Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg, qui inventa la machine pneumatique et la machine électrostatique, il y aura bientôt trois siècles. Les vieilles machines pneumatiques, que les manuels de lycée persistent à décrire et qui traînent encore dans les cabinets de physique, ne présentent plus aucun intérêt. Pour en comprendre le principe, il nous suffira de représenter (fig. 3) une *pompe de bicyclette* qui fonctionnerait à l'envers : la pièce de cuir, en forme de cloche, sera supposée retournée, ainsi que la soupape de la valve. Lorsqu'on tire sur le piston (fig. 3, I), la soupape *S* se soulève, tandis que la cloche *C* reste appliquée sur le corps de pompe ; au contraire, lorsqu'on pousse le piston (fig. 3, II), *S* se referme, en même temps que l'air s'infiltre entre le cuir *C* et les parois du cylindre. C'est tout ce que je dirai de cette quincaillerie désuète ; mais il eût été paradoxal d'écrire plusieurs pages sur le vide sans même saluer au passage les vétustes machines pneumatiques...

On trouvera plus loin les dispositifs les plus employés pour obtenir des gaz ultrararéfiés, qui, tous, exigent un « vide préparatoire » ; celui-ci est maintenant réalisé par des appareils simples et robustes, tels que la *pompe rotative à palettes* (fig. 4) : le corps de pompe est un cylindre fixe *F*, en fonte, percé de deux ouvertures *A* et *R*, cette dernière munie d'une soupape ; le piston est un cylindre plein *C* tournant autour de son axe. Dans la portion comprise entre *R* et *A*, les deux pièces *C* et *F* s'ap-

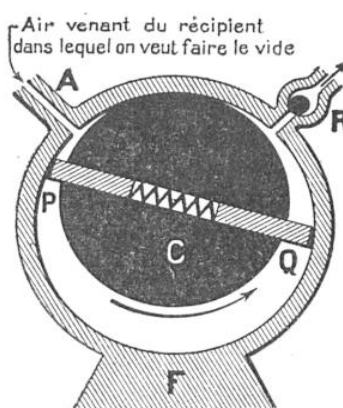


FIG. 4. — UNE POMPE A VIDE MODERNE

Pendant la rotation du cylindre *C*, l'air aspiré en *A* est refoulé en *R*. Cette pompe permet de réaliser des pressions inférieures au dix-millième d'atmosphère.

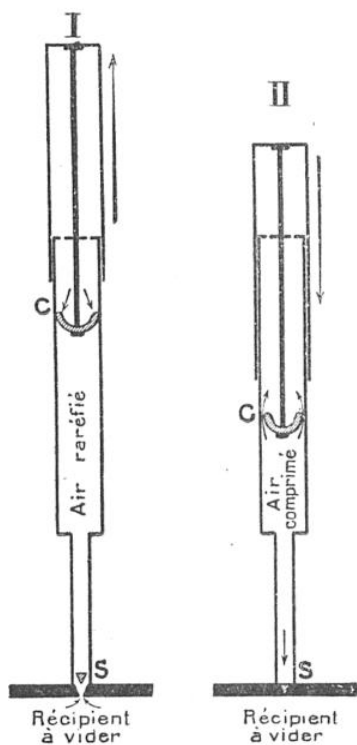


FIG. 3. — COMMENT FONCTIONNAIENT LES ANTIQUES MACHINES PNEUMATIQUES
L'air est aspiré en I, quand on soulève le piston, alors que le mouvement inverse (II) a pour but d'expulser l'air qui s'était accumulé dans le cylindre.

pliquent exactement l'une sur l'autre ; de plus, le cylindre C est fendu suivant un plan diamétral, et, dans cette rainure, peuvent coulisser deux palettes P et Q, qu'un ressort écarte et appuie contre les parois de F. Pendant le mouvement de rotation, le volume libre compris entre A et P va en augmentant et se remplit de l'air arrivé en A ; le volume compris entre Q et R va en diminuant, et l'air qu'il emprisonne est refoulé par R. Quant à l'air PFQ, il est simplement transporté, mais il sera chassé par R, quand la palette Q aura dépassé ce dernier orifice.

Cette pompe rotative, comparable à une turbine, permet d'abaisser la pression à près d'un centième de millimètre de mercure, c'est-à-dire de réaliser un vide où les molécules aient un libre parcours moyen de quelques millimètres, où elles sont suffisamment clairsemées pour parcourir quelques millimètres avant que l'une d'entre elles en ait rencontré une autre.

On continue, d'ailleurs, à employer la vulgaire trompe à eau, qui peut se monter sur n'importe quel robinet de cuisine : elle est fondée sur la succion qui accompagne l'écoulement rapide d'un liquide ; les diminutions de pression sont plus considérables aux étranglements, car l'eau y acquiert une grande vitesse (fig. 5). De tels appareils sont commodes et bon marché, mais le vide se trouve limité par la vaporisation de l'eau et ne descend pas au-dessous d'un cinquantième d'atmosphère.

A quoi servent les vides usuels ?

Les *vides usuels*, répétons-le, sont ceux dont la pression est comprise entre une atmosphère et un millionième d'atmosphère : ils possèdent un certain nombre de propriétés, que je vais classer aussi logiquement que possible, en indiquant, à propos de chacune d'entre elles, les principales applications. prati-

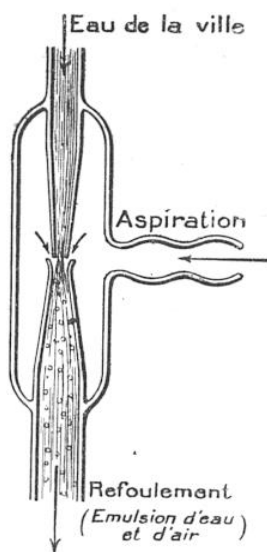


FIG. 5. — TROMPE A EAU

Cet appareil, en verre et d'une seule pièce, se monte sur une canalisation d'eau et fait baisser la pression à un cinquantième d'atmosphère.

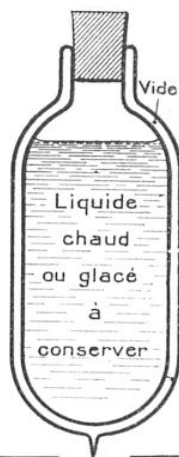


FIG. 6. - LE VIDE NE CONDUIT PAS LA CHALEUR
Une « bouteille thermos », à goulot suffisamment étroit, conserve à leur température les liquides chauds ou glacés, car le vide s'oppose aussi bien au passage de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur qu'au passage inverse.

ques auxquelles elles ont donné lieu. Nous reviendrons plus tard sur la décharge électrique.

1° *Travail des chocs moléculaires.* — Considérons un piston, mobile dans un corps de pompe ; si l'on établit entre ses deux faces une différence de pression, le piston sera soumis, de part et d'autre, à des chocs moléculaires, dont le nombre sera plus considérable du côté où la pression sera la plus grande : le volume de l'air comprimé tendra à augmenter, et celui de l'air raréfié à diminuer ; en d'autres termes, il se produira un mouvement du piston des fortes pressions vers les plus faibles. Par exemple, si la différence de pression est une atmosphère, il reviendra au même d'avoir : à droite du piston, de l'air à deux atmosphères, et, à gauche, la pression atmosphérique, ou bien d'avoir : à droite, la pression atmosphérique, et, à gauche du piston, le vide. On peut encore dire qu'un moteur à air com-

primé (ou raréfié) n'est autre qu'une pompe de compression (ou une pompe à vide) fonctionnant en sens inverse ; dans le moteur, la différence de pression fournit du travail mécanique ; dans la pompe, le travail dépensé permet de réaliser une différence de pression. Moteurs et pompes sont des appareils « réversibles ».

Le vide fut préconisé pour le *freinage des trains*, mais on lui préfère aujourd'hui l'air comprimé, avec lequel l'automatisme est plus facilement assuré.

Les *cartes pneumatiques*, les « pneus », qui, dans les grandes villes remplacent les dépêches télégraphiques, sont transmises, à l'aide de l'air comprimé ou raréfié, dans des boîtes cylindriques de 6 à 8 centimètres de diamètre et qui contiennent vingt ou vingt-cinq pneus. Les canalisations passent dans les égouts ; le poste destinataire aspire les boîtes, tandis que le poste expé-

diteur les refoule ; la vitesse des boîtes est à peu près d'un kilomètre par minute.

Un vide partiel règne aussi dans les *condenseurs des machines à vapeur*, ce qui accroît encore la différence des pressions entre les deux faces du piston.

L'air raréfié est également employé dans les laboratoires et les usines pour augmenter la *vitesse de filtration* des liquides à travers le papier ou la toile, dans tous les cas où elle serait trop faible à la pression atmosphérique.

Les *aspirateurs de poussière* sont des ventilateurs rotatifs qui servent à expulser les poussières et les fumées des salles occupées par les ouvriers.

Le *nettoyage par le vide* consiste à entraîner les poussières dans des sacs de toile ou des cylindres métalliques, en produisant une violente aspiration au moyen d'une pompe à vide ou d'aspirateurs à ailettes.

2° Évaporations rapides. — Les liquides s'évaporent d'autant plus vite que la pression supportée par eux est plus faible. Les laboratoires de chimie utilisent constamment la distillation dans le vide ; les industries sucrières emploient des appareils appelés *triples effets* (1) pour concentrer les jus sucrés, ce qui présente le double avantage de ne pas décomposer le sucre par la chaleur et de réaliser une économie de combustible, qui dépasse 80 pour 100.

3° Protection chimique. — L'étude du rayonnement des corps solides montre que la lumière émise est d'autant plus intense que la température est plus haute : l'éclairage par incandescence nécessitera donc l'emploi de corps aussi peu fusibles que possible. Après de

(1) Ces appareils de distillation sont ainsi dénommés parce que la concentration s'effectue en trois temps, la température (et, par suite, la pression) devenant de plus en plus basse.

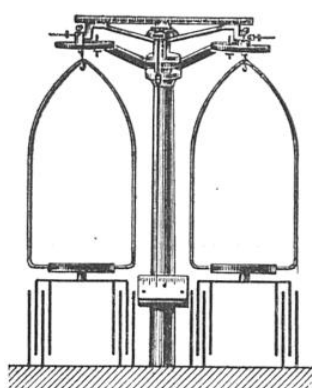


FIG. 7. — BALANCE A AMORTISSEURS

Cette balance est représentée à la pression atmosphérique et les amortisseurs cylindriques, placés sous les plateaux, arrêtent presque instantanément les oscillations. La théorie moléculaire conduit à ce résultat, qui tient du prodige et que l'expérience vérifie rigoureusement : les amortisseurs fonctionnent tout aussi bien dans un vide de l'ordre d'un millième d'atmosphère.

multiples tâtonnements, on a fini par choisir le tungstène, qui ne fond qu'à 3.000 degrés ; malheureusement, ce métal brûle très facilement à l'air. C'est ce qui explique pourquoi on fait le vide dans les *lampes à filaments métalliques* : la pression (à froid) dans les lampes monowatts est d'un centième de millimètre de mercure.

4° Isolement thermique. — Si le vide transmet la lumière et aussi la chaleur rayonnante, c'est, au contraire, un excellent isolant de la chaleur « sensible » : la conduction de la chaleur se propage de proche en proche par la matière, et, là où il n'y a pas de matière, la conductivité thermique est nulle. Pour conserver l'air liquide, on emploie des récipients en verre à doubles parois, entre lesquelles on a fait le vide. C'est sur le même principe que reposent les *bouteilles thermos* (fig. 6), capables de conserver très long-

temps la température des liquides chauds ou glacés, car le vide s'oppose aussi bien au passage de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur qu'au passage inverse.

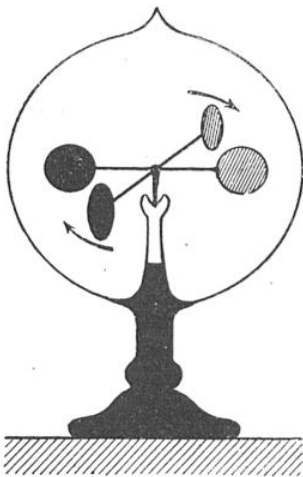


FIG. 8. - MYSTÉRIEUSE ROTATION DU « RADIOMÈTRE »

Cette rotation est l'effet du recul que subissent les faces noircies sous l'influence des molécules, qui subsistent même dans un vide relativement poussé.

5° Viscosité des vides usuels. — La viscosité des liquides et des gaz consiste dans l'entraînement des molécules par une paroi solide plane qui se déplacerait parallèlement à elle-même. Ainsi que l'a prévu le physicien anglais Maxwell, la viscosité des gaz ne dépend pas de la pression ; en s'appuyant sur les théories moléculaires dont je me suis appliqué à donner une idée, ce savant a montré que, quand la pression décroît, le nombre des molécules qui subissent l'influence immédiate de la paroi diminue, mais les molécules agissent plus profondément au sein des gaz, puisque leur libre parcours augmente. Comme ce libre parcours s'accroît exactement dans la proportion où les molécules se raréfient, les deux influences se

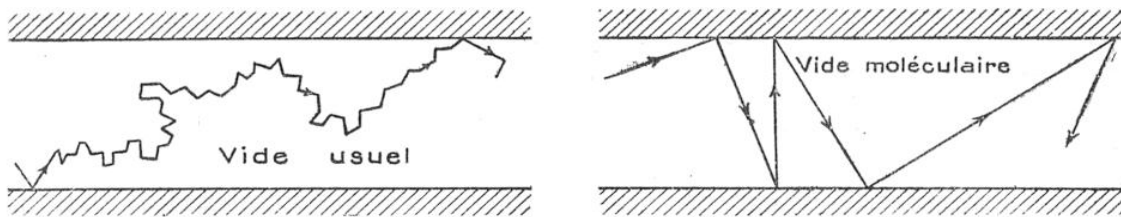


FIG. 9. — LES DEUX SORTES DE VIDES

Aux fortes pressions et dans les vides usuels, les chocs des molécules ont surtout lieu contre les molécules voisines. Dans le vide moléculaire (gaz ultrararéfiés), les molécules cheminent directement d'une paroi à l'autre.

compensent et on arrive à ce résultat vraiment paradoxal que les *amortisseurs à air* sont aussi efficaces dans le vide que dans l'air (fig. 7). De toute évidence, il s'agit des vides usuels, et l'amortissement cesse, lorsqu'on pénètre dans le domaine des vides moléculaires.

6° Forces radiométriques. — Tout le monde a remarqué, à la vitrine des opticiens, ces petits moulinets (fig. 8) qui tournent sans se lasser ; on continue à appeler l'appareil un « radiomètre », bien que son inventeur, William Crookes (1870), se soit trompé sur l'origine de son mouvement. J'en dirai deux mots à cette place, car ils nous serviront de transition entre les deux espèces de vides que nous avons distinguées, puisque la pression la plus favorable est pour des pressions de quelques microns de mercure (début du vide moléculaire, p. 194). Le radiomètre est

constitué par une ampoule de verre « pleine de vide » et contenant un moulinet très mobile à ailettes d'aluminium ; ces ailettes ont été noircies sur une des faces. Il suffit d'éclairer, même faiblement, le moulinet, pour le voir tourner dans un sens tel que les faces noircies des ailettes paraissent repoussées par la radiation. Au soleil, la rotation est extrêmement rapide.

Bien peu de promeneurs, que ces moulinets intriguent, connaissent la cause de ce soi-disant « mouvement perpétuel » ; parfois, on en rend responsable la pression produite par la lumière, ce qui est une erreur. Et cependant le phénomène est facile à comprendre : comme les faces noires absorbent le rayonnement avec plus d'intensité que ne le font les faces brillantes, les faces noires s'échauffent davantage et les molécules gazeuses qui les choquent rebondissent avec une vitesse accrue. Mais toute action en-

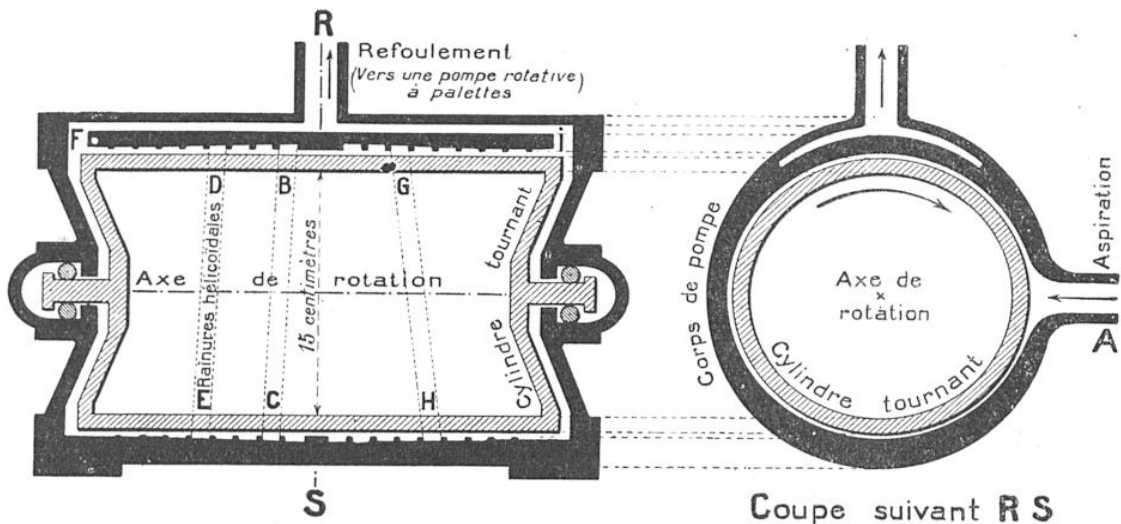


FIG. 10. — UNE DES DERNIÈRES POMPES MOLÉCULAIRES

De telles pompes servent à améliorer le vide obtenu par les pompes ordinaires. Un cylindre de bronze, à parois lisses, tourne, à raison de 4.000 tours par minute, devant un corps de pompe muni de rainures hélicoïdales ; une molécule de gaz suit l'un des trajets ABCDEFR ou AGHIR. Le cylindre est actionné par un moteur électrique (non représenté), dont le rotor est, lui aussi, dans le vide.

traîne une réaction : l'obus fait subir un recul à la pièce qui le lance, et les molécules repoussent leur tremplin avec plus de vigueur.

Le phénomène cesse lorsque le vide est encore plus parfait : les molécules sont alors trop rares pour vaincre les frottements de l'axe du moulinet sur son pivot. C'est quand l'appareil cesse de tourner qu'il commence à mériter son nom de « radiomètre » : on remplace le pivot par un fil métallique très fin, et le rayonnement a alors pour effet de produire, non plus un mouvement de rotation continue, mais une faible torsion du fil. Dans ce dernier cas, le déplacement est bien dû à la pression de la lumière, cette pression étant deux fois plus grande sur les surfaces absorbantes que sur les miroirs métalliques ; mais les forces exercées par la lumière sont tellement faibles qu'elles n'ont qu'une influence tout à fait négligeable sur les moulinets qui tournent, sans se lasser, à la vitrine des opticiens.

Le vide moléculaire

Ce sont les travaux du physicien danois Martin Knudsen (1909) qui nous firent entrer dans la connaissance des gaz ultrararéfiés ou, comme on dit encore, du vide moléculaire.

Notre tableau (page 194) nous indique que, si la pression du vide s'abaisse au-dessous du micron de mercure, le libre parcours moyen des molécules dépasse 6 centimètres, c'est-à-dire que ce libre parcours devient du même ordre de grandeur que les dimensions de nos appareils de laboratoire. Conséquence essentielle : une molécule rebondit d'une paroi sur la paroi opposée sans rencontrer de molécules gazeuses (fig. 9) ; le monde moléculaire n'est plus un monde surpeuplé ; les accidents y deviennent rares, j'entends les chocs entre molécules gazeuses ; celles-ci n'ont plus à craindre que les murs de leur prison. Ces vides ont ceci de particulier que la température varie d'un point à l'autre,

ainsi que la pression ; ils sont parfaitement isolants de la chaleur, et la décharge électrique se refuse à passer ; bien entendu, l'énergie rayonnante (dont la lumière est un cas particulier) traverse le vide moléculaire sans modification, puisque les radiations se propagent à travers les espaces intermoléculaires.

Au point de vue chimique, le vide moléculaire présente des propriétés également imprévues, que l'Américain Langmuir a étudiées. Ainsi que je

le rappellerai récemment (1), Jean Perrin a montré que la plupart des réactions chimiques étaient déclenchées par la lumière ; mais Paul Langevin lui fit remarquer que les chocs intermoléculaires conservent leur importance. Dans les gaz ultrararéfiés, ces chocs deviennent extrêmement rares, de telle sorte qu'on a affaire à de pures réactions photochimiques. On arrive ainsi à préparer des individus chimiques qui, en temps normal, n'ont qu'une vie fugitive et insaisissable : ces individus ont souvent une activité intense, et c'est toute une nouvelle chimie que le vide moléculaire nous fait entrevoir.

On connaît, aujourd'hui, deux appareils principaux permettant d'obtenir le vide moléculaire : la pompe moléculaire et la pompe à condensation.

1° La pompe moléculaire repose sur ce principe que, quand une molécule rencontre une paroi lisse immobile, elle est renvoyée au hasard dans n'importe quelle direction ; si, au contraire, la paroi est en mouvement rapide, il y a entraînement de la molécule dans la direction du mouvement. Notre figure 10 fait comprendre le fonctionnement d'une pompe moléculaire perfectionnée : un cylindre tourne autour d'un axe horizontal à raison de 4.000 tours par minute ; comme son diamètre est de 15 centimètres, la vitesse périphérique est notable par rapport aux

(1) *La Science et la Vie*, janvier 1927, p. 13.

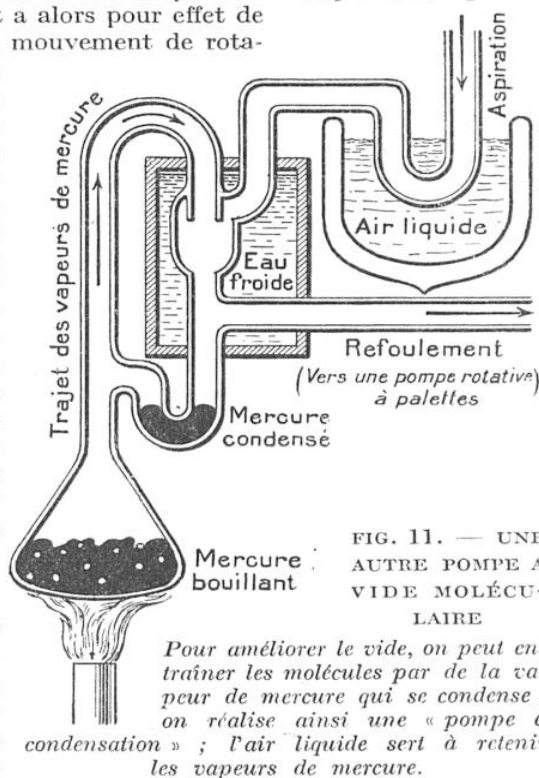


FIG. 11. — UNE AUTRE POMPE A VIDE MOLÉCULAIRE

Pour améliorer le vide, on peut entraîner les molécules par de la vapeur de mercure qui se condense ; on réalise ainsi une « pompe à condensation » ; l'air liquide sert à retenir les vapeurs de mercure.

vitesse moléculaires. L'intervalle entre le cylindre tournant et le corps de pompe est de l'ordre du centième de millimètre. L'orifice *A* est relié au récipient où on se propose d'obtenir le vide moléculaire ; l'orifice *R*, a une pompe rotative à palettes (fig. 4), qui réalise un « vide préparatoire ». La surface intérieure du corps de pompe est creusée d'un pas de vis, de telle sorte que les molécules aspirées par la région médiane débouchent vers les extrémités, en *F* et en *I* ; comme la pression augmente le long du trajet *A B C D E F R*, la vis est beaucoup plus creuse au milieu qu'au bord, et le débit du courant gazeux est sensiblement constant d'un bout à l'autre de la pompe. Il est évident que la pompe doit continuer à tourner pendant toute la durée de l'expérience ; sinon, la pression monterait immédiatement à la valeur qu'elle possède dans le vide préparatoire.

2° La pompe à condensation (fig. 11) repose sur la production d'un jet de molécules de vapeur de mercure possédant un mouvement d'ensemble vers le bas : elles entraînent les molécules d'air, qui sont ainsi aspirées d'une manière continue. Cet instrument, comme le précédent, ne fonctionne que dans le vide, d'où la nécessité de l'associer à une pompe à palettes.

Dans les deux cas, on atteint des vides de l'ordre du milliardième de millimètre de mercure, c'est-à-dire des pressions inférieures à un trillième d'atmosphère ; chaque molécule qui s'y trouve — et il y en a encore des milliers dans un millimètre cube — parcourt des kilomètres et des kilomètres avant de rencontrer une de ses sœurs. Il semble bien qu'on ait ainsi atteint la limite du vide réalisable à la température ordinaire, car on se heurte alors à la vaporisation du verre et des métaux : les molécules qui subsistent ne sont plus de l'oxygène ou de l'azote, mais du silicate de sodium gazeux ou du cuivre gazeux. On améliorerait encore le vide en refroidissant énergiquement

les pompes moléculaires et les récipients, car, au-dessous de -200°C ., verre et métaux sont bien moins volatils. Ce n'est là qu'une difficulté de technique, qui sera surmontée plus tard, mais qui n'apportera vraisemblablement aucun progrès essentiel.

Pour le moment, le vide moléculaire est surtout utilisé dans certains tubes à rayons X et dans les lampes pour radiophonie. Nous comprendrons son rôle lorsque nous aurons rappelé les particularités de la décharge électrique à travers les gaz raréfiés (fig. 12).

Les propriétés électriques du vide

L'étude, même sommaire, de ces propriétés exigerait de longs développements, car il faudrait s'entendre sur la structure de la matière. Je me bornerai donc à rappeler les seuls faits qui sont le point de départ d'applications pratiques.

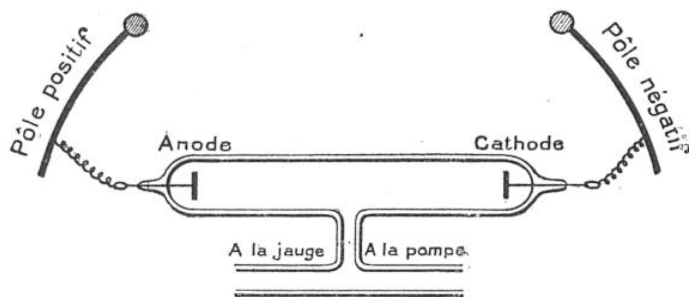


FIG. 12. — COMMENT ON ÉTUDIE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LE VIDE

Les deux électrodes métalliques (anode et cathode), soudées aux extrémités d'un tube de verre, sont réunies aux deux pôles d'une machine électrostatique ; on fait un vide graduel au moyen d'une pompe (fig. 4) et on mesure à chaque instant la pression au moyen de la jauge (fig. 3).

1° A la pression ordinaire, la décharge électrique passe sous forme d'arc

— lequel a besoin d'être amorcé par contact des deux charbons — ou sous forme d'étincelle : une étincelle de 10 centimètres correspond à une tension de l'ordre de 100 kilovolts, et la foudre met sans doute en jeu 100.000 kilovolts (milliers de volts).

2° La décharge dans les gaz, pour des pressions voisines du millimètre de mercure, n'a guère donné lieu qu'à une application : les tubes lumineux, dans lesquels on emploie du néon, un des gaz rares de l'air. Il s'agit de ces tubes à lumière orangée qui servent surtout pour les réclames lumineuses ; un tube de 6 mètres de long exige environ un kilovolt, et le rendement est à peu près d'un demi-watt par bougie.

3° Pour des pressions comprises entre un centième et un millième de millimètre de mercure, la décharge électrique arrache à la matière des particules négatives et positives, d'où la production de deux sortes de rayons : les rayons cathodiques et les rayons positifs.

Les premiers, constitués par des électrons en mouvement rapide, servent surtout à obtenir des rayons X par leur choc contre un obstacle métallique (tubes ordinaires à rayons X, appelés encore tubes à décharge).

Alors que tous les électrons du monde sont identiques entre eux, les rayons positifs diffèrent suivant la nature des électrodes et suivant le gaz sur lequel on a fait le vide. L'étude des rayons positifs a permis au physicien anglais Aston (prix Nobel, 1922) de recueillir de précieux renseignements sur la constitution des atomes, de montrer en particulier que les corps réputés simples depuis plus d'un siècle, comme le chlore ou le mercure, étaient complexes en réalité. Mentionnons, aussi, que l'arrachement des atomes métalliques par la décharge électrique dans un vide d'un cent-millième d'atmosphère fournit de belles dorures et de belles argentes : ce procédé commence à se répandre sous le nom d'*ionoplastie*.

4^o Reste le vide moléculaire. On a pu dire, avec raison, que le vide est à la fois le meilleur isolant et le meilleur conducteur. En effet, pour des pressions inférieures au micron de mercure, la décharge se refuse à passer, quelle que soit la tension appliquée. Il faut savoir s'y prendre pour y introduire « de l'électricité », des charges électriques ; mais, une fois introduite, cette charge se déplacera sans rencontrer d'obstacles.

Pratiquement, de telles charges seront toujours des électrons, et ces électrons seront libérés par émission thermionique, c'est-à-dire grâce à la propriété que possèdent les métaux incandescents d'émettre des électrons. Les phénomènes seront différents, suivant que la tension électrique appliquée sera forte ou faible.

Dans le premier cas, nous aurons affaire aux *tubes à rayons X* à cathode incandescente ou tubes Coolidge, à la fois puissants et souples, qui ont renouvelé la radiographie et la radiothérapie et qui sont quotidiennement employés aux examens d'alliages. Un appareil basé sur le même principe et appelé *oscillographe cathodique* est un admirable outil d'enregistrement, qui nous dévoile les secrets des oscillations hertziennes les plus rapides.

Les appareils à basse tension ne sont autres que les *lampes audions*, lampes à deux et à trois électrodes, bien connues de tous

les amateurs de T. S. F. qui sont tous convaincus de l'immense supériorité des « postes à lampes » sur les vulgaires « postes à galène ». Sans le vide — et aussi sans l'électron — la radiophonie n'aurait pas vu le jour...

Le vide dans le monde moderne

Les pages qui précèdent auront montré, j'espère, que le rôle joué par le vide est immense dans la société contemporaine. C'est le vide qui se charge de transmettre notre correspondance pneumatique par des canalisations souterraines, en se jouant de l'embouteillage de nos carrefours. C'est lui qui nettoie nos appartements beaucoup mieux que les antiques balais et les plumeaux préhistoriques. Il aide, dans les divers modèles de baromètres, à la prévision du temps qu'il fera demain. C'est lui qui, porté en bandoulière, permet de se rafraîchir au cours des promenades de l'été et de se réchauffer pendant les courses de l'hiver. Le morceau de sucre, blanc et propre, doit ses qualités au vide, dans une certaine mesure. C'est le vide qui a rendu possible l'éclairage électrique, hygiénique, commode et pratiquement sans danger. Le vide est nécessaire à la naissance des rayons X, qui servent à diagnostiquer et à guérir quelques-uns de nos maux. Enfin, le vide est indispensable aux émissions radiophoniques et il facilite grandement leur réception ; c'est lui qui, demain peut-être, rendra possible la vision à distance.

Mais aussi, et c'est sur cette remarque que je terminerai, le vide a contribué directement et indirectement à notre connaissance de la matière. Les propriétés des gaz raréfiés et ultrararéfiés ont vérifié et élargi les théories moléculaires ; le passage des rayons positifs dans des substances diverses a démontré la complexité de la plupart des « corps simples » traditionnels ; les rayons X, en se réfléchissant sur les lames cristallines, photographient la position des atomes dont les cristaux sont bâtis. Les progrès de la science dans la connaissance de l'électricité, partant dans celle de la matière, sont intimement liés à l'amélioration de la technique du vide ; et nous sommes loin, sans doute, d'avoir épuisé la mine d'applications pratiques que contiennent en germe les résultats théoriques d'acquisition récente.

MARCEL BOLL.



LES GRANDES ÉPOQUES DE LA SCIENCE

IL Y A CENT ANS
QUE LE CHIMISTE FRANÇAIS BALARD
A DÉCOUVERT LE BROME

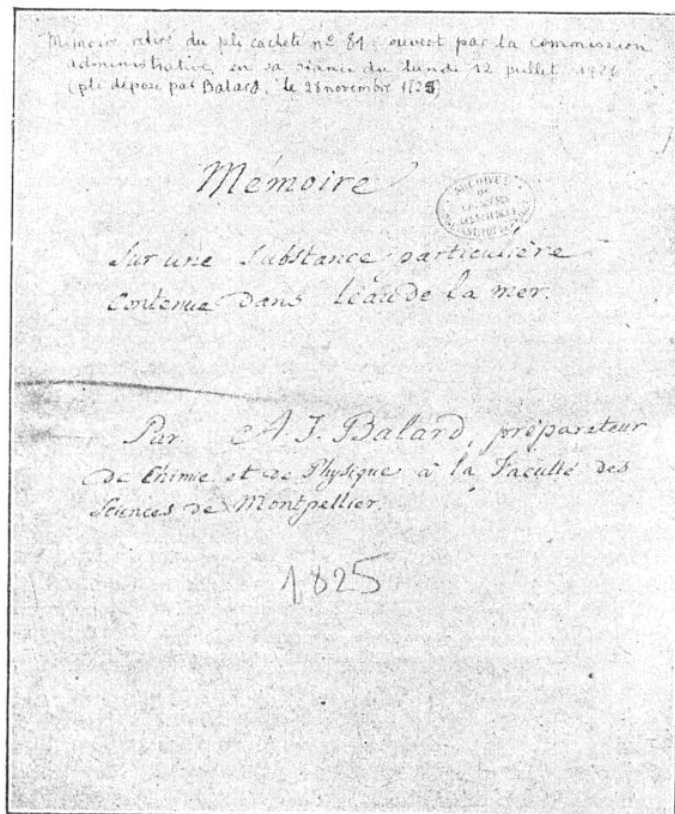
Par Camille MATIGNON

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE

L'Académie des Sciences a ouvert tout récemment, après un dépôt d'un siècle, le pli cacheté que Balard avait confié à sa garde en 1825 et intitulé : « Sur une substance particulière contenue dans l'eau de la mer ». Cette « substance » n'était autre que le brome, que venait de découvrir Balard, alors qu'il était préparateur à la Faculté des Sciences de Montpellier. Découverte féconde, puisqu'en 1913 l'industrie produisait plus de 1.200 tonnes de brome, dont les applications sont nombreuses, tant en thérapeutique qu'en photographie. Il appartenait à notre éminent et savant collaborateur, M. Camille Matignon, qui occupe maintenant, au Collège de France, la chaire de Balard, de retracer ici, pour nos lecteurs, l'œuvre de son illustre prédécesseur, qui, par sa découverte, a contribué à étendre les conquêtes de la chimie et de ses applications pratiques.

LES Journées médicales de Montpellier, qui se sont tenues les 4, 5 et 6 novembre, comportaient dans leur programme la commémoration du centenaire de la découverte du brome par le grand chimiste montpelliérain Antoine-Jérôme Balard.

Une plaque de marbre, rappelant la date de la naissance de Balard, a été posée sur la façade de la maison natale. Une deuxième plaque, apposée sur les murs des services communs de la Faculté des Sciences et de la Faculté de Pharmacie, rappelle



PHOTOGRAPHIE DE LA PREMIÈRE PAGE DU MÉMOIRE, DÉPOSÉ PAR BALARD A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, RELATIF A LA DÉCOUVERTE DU BROME

que Balard, préparateur à l'École de Pharmacie, y découvrit le brome à l'âge de vingt-deux ans et qu'il devint ensuite un des maîtres les plus autorisés de ces deux Facultés.

On permettra au professeur qui a l'honneur d'occuper, au Collège de France, la chaire de Balard, d'applaudir de tout cœur à cette heureuse idée et de féliciter les organisateurs des Journées médicales de Montpellier, qui ont rappelé à leurs compatriotes les mérites de l'éminent savant et aux congressistes le rôle important du brome

dans le domaine de la thérapeutique. Je connais peu de savants dont l'histoire éveille autant de sympathie ; celle de Balard est un véritable conte de fée.

Issu d'une famille de pauvres vigneron montpelliérains, il avait été tenu sur les fonts baptismaux par une femme perspicace et dévouée. Frappée bientôt par la vive intelligence de son filleul, la marraine, qui n'était pas riche, se consacra à son éducation et à son instruction, et le fit entrer au lycée. Le jeune Balard eut la bonne fortune de trouver chez elle une centaine de livres dépareillés contenant les œuvres des grands écrivains français, qu'il n'était pas rare de rencontrer, à la fin du XVIII^e siècle, dans les classes bourgeoises les plus modestes. La lecture approfondie de ces auteurs, les longues méditations qui la suivaient, développèrent, chez Balard, l'initiative et l'appréciation personnelle, qui devaient en faire l'inventeur pénétrant et l'esprit vigoureux dont il allait bientôt donner des preuves.

Comment fut découvert le brome

Balard, étudiant à la Faculté des Sciences et à l'École de Pharmacie de Montpellier, se préoccupe déjà d'utiliser les eaux mères des marais salants, qui abondent sur le littoral voisin. C'est en travaillant ces eaux qu'il y découvre, en 1824, le nouvel élément, le brome. Il en étudie rapidement les propriétés et, deux ans après, adresse à l'Académie des Sciences un mémoire classique, inséré aux *Annales de Chimie*, qui contient toute la chimie du brome ; il joint à son envoi un échantillon du nouvel élément.

« Je vois encore avec quel empressement, raconte Dumas, on faisait passer de mains en mains, dans les rangs de nos anciens confrères, le petit tube scellé qui renfermait un échantillon de ce nouveau venu, découvert, au fond de la province, par un jeune élève en pharmacie, non comme un don banal du hasard, mais comme un fruit légitime de la méthode scientifique. Ce fut un événement. »

L'année précédente, en novembre 1825, Balard avait déposé à l'Académie un pli cacheté, resté secret jusqu'ici, et que l'Académie vient d'ouvrir récemment, en vertu de ses statuts, qui lui en confèrent le droit, un siècle après le dépôt.

Disons, tout de suite, que le contenu de ce pli se trouve reproduit en entier dans le mémoire des *Annales* et qu'il ne comporte, comme nouveauté, que la désignation de l'élément, nommé d'abord le *muride* (de *muria*, saumure), pour rappeler son origine.

Les quinze pages manuscrites de Balard sont rédigées dans un français très soigné et écrites de cette belle écriture régulière qu'on retrouve généralement dans tous les manuscrits de l'époque et des époques antérieures.

C'est par une expérimentation rigoureusement conduite que Balard a découvert le brome

Il n'existe guère d'exemples d'une aussi précoce maturité dans l'application rigoureuse de la méthode expérimentale. En versant un peu d'eau de chlore dans l'eau saline additionnée d'amidon, Balard voit apparaître au-dessous de la zone bleue, caractéristique de la présence de l'iode, une zone d'une nuance jaune assez intense. Cette simple observation sert de point de départ à tout un ensemble de recherches, logiquement conduites et combinées de manière à restreindre de plus en plus le champ des hypothèses qui peuvent l'expliquer, pour arriver finalement à établir la nature élémentaire de la substance jaune.

Liebig, le grand chimiste allemand, avait entrevu les mêmes phénomènes, vers la même époque ; il avait eu également le brome entre les mains, mais n'en avait pas soupçonné l'existence.

Dès le début de ses recherches, Balard est frappé par les analogies que présente la nouvelle substance avec le chlore et l'iode. Ses propriétés viennent s'intercaler, d'une façon régulière, entre les propriétés correspondantes des deux autres éléments, au point de pouvoir en être déduites en quelque sorte a priori. Dans l'exposé de ses résultats, Balard les groupe autour de cette idée fondamentale et rédige l'un des mémoires les plus remarquables au point de vue de l'exposition et de l'enchaînement des faits.

Balard fut à la fois un savant et un modeste

Si la lecture de ce mémoire met bien en évidence la vive intelligence et le précoce esprit de généralisation de Balard, elle ne souligne pas moins le désintéressement, la modestie et presque la naïveté du jeune savant.

« Je ne me dissimule point, dit-il, en terminant, combien les matériaux que j'ai pu recueillir pour tracer l'histoire du brome laissent encore à désirer. J'aurais même, très volontiers, pris le parti de différer leur publication jusqu'à ce que des recherches plus nombreuses m'eussent permis de le faire avec moins de lacunes, si je n'avais cru être

bien plus utile encore à cet important objet de recherches en appelant sur lui l'attention des chimistes, qui sont le plus en possession de verser de vives lumières sur les matières dont ils s'occupent. »

Quand il s'agit de choisir un nom au nouvel élément, il s'adresse à son maître :

« J'eus recours aux lumières du savant professeur M. Anglada, dont je m'honore d'être l'élève et dont les sages conseils ont dirigé mon inexpérience dans le cours de ce travail exécuté sous ses yeux. »

Il ne se contente pas de solliciter ses avis, il veut lui faire partager la gloire de sa découverte ; mais il trouve en son maître un cœur assez élevé pour la lui laisser tout entière. Grâce à Balard, le nom d'Anglada ne sera pas oublié.

En découvrant le brome, Balard venait de constituer la première famille naturelle d'éléments, et de créer un fragment de la classification de Dumas et du groupement systématique de Mendeleef. Désormais, les éléments chimiques n'étaient plus des individualités isolées, indépendantes les unes des autres ; des relations qualitatives et même quantitatives paraissent les relier entre eux ; l'hypothèse d'une origine commune apparaissait comme très probable. Balard apportait ainsi un argument expérimental à la vieille idée de l'unité de la matière, qui allait passionner à nouveau tous les hommes de science.

L'Académie avait chargé Vauquelin, Thénard et Gay-Lussac de vérifier les faits surprenants annoncés par le jeune préparateur de Montpellier.

« La découverte du brome, disent-ils dans leur rapport, est une acquisition très importante pour la chimie et fait entrer M. Balard, de la manière la plus honorable, dans la carrière de la science. Son mémoire est, d'ailleurs, très bien fait, et les nombreux résultats qu'il y apporte n'en exciteraient pas moins un très grand intérêt, lors même que l'on parviendrait à démontrer que le brome n'est pas un corps simple. »

Les savants rapporteurs, comme on le voit, font une sage réserve sur la nature élémentaire du brome, qu'ils considèrent seulement comme très probable. Ils n'ignorent pas que la seule observation d'un phénomène donne la certitude de son existence, tandis qu'il faut un nombre d'expériences presque infini pour en affirmer l'impossibilité.

Balard consacra ensuite une partie de sa vie scientifique à l'établissement d'une industrie nouvelle, l'extraction du chlorure

de potassium et du sulfate de soude des eaux mères des marais salants.

Professeur au Collège de France et à la Faculté des Sciences, membre de l'Institut, inspecteur général de l'Instruction publique, ce savant, qui avait consacré toutes ses forces et appliqué sa belle intelligence, pendant vingt ans, pour créer une industrie susceptible d'apporter à l'humanité plus de bien-être, vivait, chez lui, dans un intérieur monacal dont ne se fût pas contenté le plus modeste des étudiants.

L'industrie moderne du brome

L'élément découvert et étudié par Balard, avec la mise en œuvre d'une quantité de matières qui ne dépassait pas quelques grammes, est aujourd'hui l'objet d'une importante industrie, qui produisait, en 1913, 1.200 tonnes de brome, 900 tonnes étant extraites des eaux mères des sels de déblai de Stassfurt, matières premières, comme l'on sait, pour la préparation des engrais potassiques, et les 300 tonnes complémentaires provenant des eaux mères des salines américaines.

On admet que 70 % environ de ce brome est transformé en bromures, et particulièrement en bromure de potassium, qui tient une si grande place dans la thérapeutique, ainsi qu'en gélatino-bromure d'argent, grâce auquel la plaque photographique a acquis une sensibilité qui a permis le développement vraiment prodigieux de la photographie et de la cinématographie.

Les 30 % restant interviennent surtout dans la préparation des dérivés bromés organiques : bromoforme, éosine, indigo-bromé, etc...

Une exposition, judicieusement organisée par le Comité des Journées médicales, rendait palpable aux congressistes montpelliérains toute l'importance de la découverte du brome, en montrant, dans un premier pavillon, les nombreux composés bromés intervenant actuellement dans l'arsenal thérapeutique et, dans un hall indépendant, une exhibition artistique concernant tout ce qui relève de la photographie et de la cinématographie.

La seule industrie extractive du brome, c'est-à-dire de la matière première servant, par des transformations appropriées, à préparer tous les dérivés bromés, représentait, à elle seule, en 1913, une production d'une valeur atteignant près de 10 millions de francs-or.

CAMILLE MATIGNON.

LES GRANDES ÉPOQUES DE LA SCIENCE

LE SECOND CENTENAIRE DE NEWTON EST CÉLÈBRÉ CE MOIS-CI

Par Marcel BOLL
DOCTEUR ÈS SCIENCES

L'un des esprits scientifiques les plus vastes qui honorent l'humanité est certainement Isaac Newton, le grand savant anglais du XVII^e siècle, à la fois mathématicien, mécanicien et physicien et l'un des hommes qui ont le plus contribué à accroître le savoir humain. Mathématicien, il fonda le calcul différentiel, qui a permis à Maxwell et à Hertz la découverte des ondes électromagnétiques, bases de la radiotélégraphie et de la radiotéléphonie ; mécanicien, il réussit à exprimer le principe de l'inertie et formula celui de la gravitation, fondement de toute la mécanique céleste ; physicien, il démontra la complexité de la lumière blanche, inventa le télescope qui porte son nom. C'est l'œuvre de ce grand génie que le lecteur trouvera retracée ici par notre savant collaborateur, Marcel Boll, qui a su se mettre à la portée de tous pour vulgariser les conquêtes de l'un des plus grands pionniers de la Science.

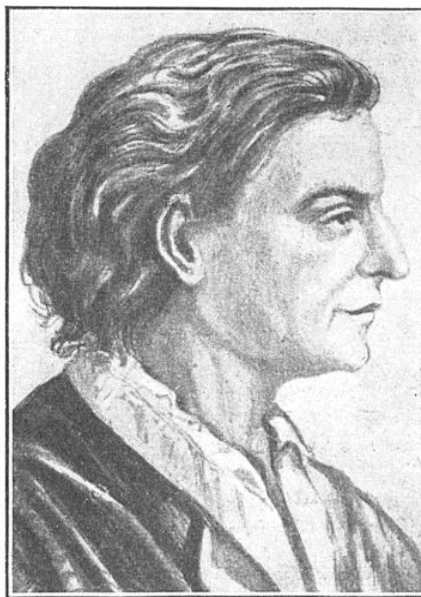
ISAAC NEWTON naquit dans le comté de Lincoln (à Woolsthorpe), en 1642, et commença par fréquenter l'école villageoise ; il s'instruisit ensuite à la ville voisine, puis, à quinze ans, fut envoyé à l'Université de Cambridge, où il devint professeur de mathématiques en 1669.

En 1672, la célèbre *Société Royale de Londres* l'accueillit dans son sein, et, de 1688 à 1705, il siégea au Parlement. Il mourut à quatre-vingt-cinq ans, après avoir déployé une activité scientifique et philosophique considérable.

Le mathématicien

Tout jeune encore, l'illustre Anglais découvrit la formule maintenant connue dans le monde entier sous le nom de *binôme de Newton* (1).

(1) Si l'on considère la somme $(a+b)$ de deux nombres a et b , on peut multiplier cette somme par elle-même, ce qui donne $(a+b)$ au carré ; en multipliant le résultat par $(a+b)$, on obtient $(a+b)$ au cube ; puis $(a+b)$ à la puissance quatre, $(a+b)$ à la puissance cinq, et ainsi de suite. Eh bien ! Newton établit, vers sa vingtième année, la formule qui donne le résultat de l'élevation de $(a+b)$ une puissance *quelconque*, à la



ISAAC NEWTON (1642-1727)

En mathématiques, Newton partagea, avec le Français Fermat et l'Allemand Leibniz, la gloire de fonder le calcul différentiel : on appelle ainsi l'une des branches du calcul infinitésimal, qui fait intervenir des grandeurs aussi petites que l'on veut, des grandeurs *infinitiment petites* ; ce calcul se développa extraordinairement par la suite, et c'est ce qui rendit possible le prodigieux essor de la physique au XIX^e siècle. Ainsi, sans « équations différentielles », Maxwell n'aurait pas prévu les ondes électromagnétiques ; Hertz n'aurait pas songé à les chercher, et nous n'aurions ni radiotélégraphie ni radiophonie.

Le mécanicien

Newton fut un des premiers savants qui se livrèrent à une étude réfléchie des

puissance n , comme on dit ; au surplus, la formule reste valable lorsque le nombre n est décimal : 3,72 par exemple, ce qui, quand on y réfléchit, est extrêmement curieux. Rien que la difficulté qu'on éprouve à expliquer, dans la langue habituelle, en quoi consiste cette découverte, montre qu'elle est loin de tomber sous le sens, même pour un esprit d'aujourd'hui.

notions fondamentales de la mécanique :

« L'espace absolu, écrit-il, indépendant par sa propre nature de toute relation à des objets extérieurs, demeure toujours immuable et immobile ; le temps absolu, vrai et mathématique, pris en soi et sans relation à aucun objet extérieur, coule uniformément par sa propre nature. »

Ces deux aphorismes restèrent, pendant plus de deux siècles, la charte de la science et ils sont encore, pour le bon sens, des évidences indiscutables ; il n'est pas inutile de faire remarquer que l'espace absolu et le temps absolu sont maintenant abandonnés, grâce à Einstein et aux relativistes, à la suite d'expériences nouvelles, que Newton ne pouvait soupçonner.

En mécanique, Newton fut le successeur de Képler et de Galilée. D'une part, en effet, il réussit à exprimer le principe de l'inertie sous une forme quantitative tout à fait générale : ce faisant, il permettait de trouver le mouvement que prendra une portion quelconque de matière sous l'influence d'une force, elle aussi absolument quelconque.

D'autre part, il résuma les lois astronomiques de Képler en une simple formule, qui est la loi de la gravitation. Cette loi sert de fondement à toute la mécanique céleste : elle s'applique aussi bien à la rotation de la Lune autour de la Terre qu'à la chute d'une pomme ; et ce n'est que dans ces dix dernières années qu'Einstein montra que la loi de Newton devait être retouchée, très légèrement retouchée.

Le physicien

Si on laisse de côté la loi que Newton énonça sur le refroidissement des corps (influence du temps et de la différence de température), le savant anglais s'occupa à peu près exclusivement d'optique.

Il soutint contre Huygens, son compatriote et son aîné de quelques années, la théorie de l'émission de la lumière, suivant laquelle celle-ci serait formée de corpuscules matériels extrêmement petits et cheminant très vite ; on sait que la théorie adverse, la théorie des onduations, triompha au

début du XIX^e siècle, mais ce qui départit ces deux théories, ce furent des expériences que ni Huygens ni Newton ne pouvaient connaître.

Newton démontra la complexité de la lumière blanche : si un rayon solaire tombe sur un prisme, non seulement il est dévié, mais, au lieu d'obtenir une tache blanche (comme quand on le réfléchit sur un miroir), on voit apparaître une tache colorée des nuances de l'arc-en-ciel : rouge, jaune, vert, bleu, violet. Cette expérience réalise la décomposition de la lumière blanche. Pour la recombinaison, il divisait un cercle en secteurs et chaque secteur était coloré d'une des teintes précédentes ; lorsqu'on fait tourner rapidement ce disque de Newton autour de son axe, il donne à l'œil une sensation de blanc.

Tout le monde a vu les

lames minces douées de colorations si vives : bulles de savon minces, huile répandue par les autos sur le macadam, les jours de pluie, couleurs des papillons.... Newton trouva l'origine de ces

couleurs dans l'interaction (l'interférence) des lumières réfléchies sur les deux faces de la lame : il démontra que les nuances changent avec l'épaisseur en posant une lentille peu bombée sur un plan de verre, dans l'expérience, désormais fameuse, des anneaux de Newton.

Le même savant simplifia la théorie des miroirs sphériques et des lentilles en donnant de ces appareils les formules les plus commodes, appelées formules de Newton ; il indiqua aussi que, dans la lunette astronomique, l'objectif peut être constitué par un grand miroir concave : cet instrument fut longtemps employé pour les observations astronomiques, sous le nom de télescope de Newton.

Tel est le savant que l'Angleterre s'apprête à commémorer ; si son originalité philosophique fut certainement très inférieure à son labeur scientifique, on se rendra compte que peu d'hommes ont mieux servi la science, peu d'hommes ont fait des découvertes plus nombreuses et plus fondamentales dans des domaines plus variés.

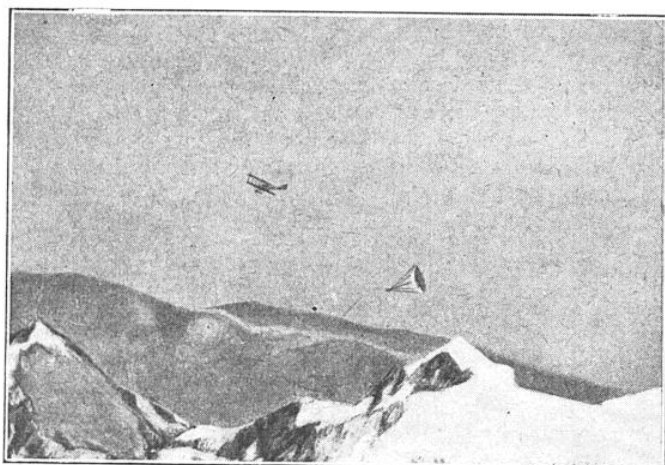
MARCEL BOLL.

DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES DE NEWTON

CALCUL	{ Fondements du calcul différentiel. Formule du binôme.
MÉCANIQUE	{ Principe de l'inertie. Loi de la gravitation.
CHALEUR	{ Refroidissement des corps. Décomposition de la lumière blanche.
OPTIQUE	{ Interférences par les lames minces. Théorie des miroirs et des lentilles. Télescope à miroir.

C'est l'œuvre de deux amis de la France, M. et M^{me} Dina,
qui l'offrent à notre pays

La Science et la Vie, dans son numéro d'août 1926, a fait connaître le projet grandiose d'établir en Haute-Savoie, sur le Salève, un observatoire ultra-moderne, pourvu des derniers perfectionnements de la science. La France possédera ainsi l'un des plus beaux établissements scientifiques du monde, où figurera le plus puissant télescope, de 5 mètres d'ouverture, construit à ce jour grâce à la magnifique libéralité de M. et M^{me} Dina, deux étrangers véritablement mécènes de la science, amis de notre pays, qui ont consacré une partie de leur fortune à construire et à entretenir ce splendide observatoire. Notre collaborateur s'est rendu au mont Salève, sur l'invitation de M. Dina, pour s'entretenir avec lui, afin de pouvoir exposer en détail à nos lecteurs cette magistrale œuvre d'ensemble, qui sera achevée d'ici quelques années, pour le plus grand profit de la recherche scientifique.



LE LIEUTENANT THORET VOLANT AU-DESSUS DE L'OBSERVATOIRE DU MONT BLANC

L'aviateur vient de lancer un colis à parachute, que l'on aperçoit descendant, non encore redressé, au-dessous et à droite de l'avion.

alpestre proprement dite ; sinon, l'horizon se serait trouvé partiellement masqué, tandis que le bouillonnement atmosphérique provenant des gorges aurait annulé les bienfaits de l'altitude.

Le mont Salève répond à ces conditions. Le plateau des Guillets, où seront les bâtiments, constitue une crête dont les versants se déroulent de façon continue jusqu'à Genève et jusqu'à Annecy. Le mont Blanc est en vue, ce qui est, verrons-nous, de quelque utilité.

La route d'accès, le plus urgent des travaux préliminaires, est déjà construite sur 10 kilomètres, avec le concours des Ponts et Chaussées, du génie militaire et de la contribution financière de M. Dina. Encore 6 kilomètres, et l'emplacement de l'observatoire sera atteint. Dépassant ce point culminant, la route regagnera le réseau national par un prolongement de 10 kilomètres, ce qui en fera l'un des plus beaux boulevards touristiques des Alpes. Accessible aux autocars, large à souhait, sa pente n'excède pas 6 % dans les lignes droites et 13 % dans les courbes. L'an prochain, les premiers matériaux de construction pourront donc atteindre les Guillets.

Achevés en 1929 ou 1930, les bâtiments recevront à leur tour l'appareillage et, entre autres

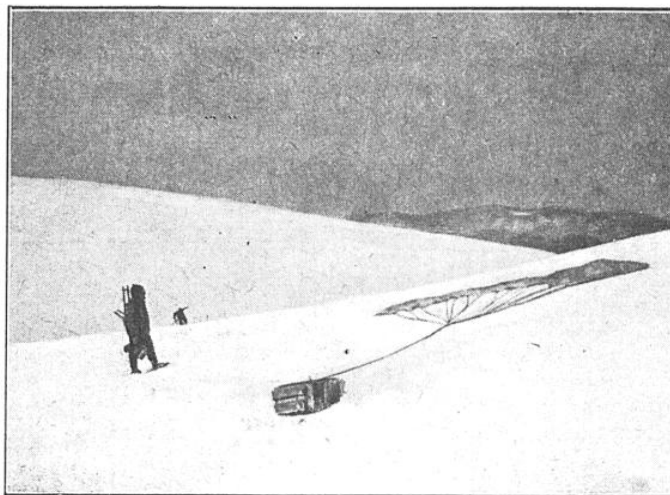
machines, un affût hydropneumatique, du même principe que ceux qui meuvent avec tant de précision les plus lourds canons de marine. Et, vers 1932, si tout va bien, le grand télescope pourra finalement être monté sur cet affût, dont l'ajustement fixera l'axe de l'instrument avec une précision angulaire d'au moins un vingtième de seconde.

Deux télescopes de 80 centimètres, à *champ* très vaste, flanqueront le géant et auront une mission d'exploration : chasse aux comètes, aux petites planètes.

Le plus grand télescope du monde et la recherche astrophysique

Les travaux inédits que permettra d'accomplir l'instrument colosse, émerveillent l'imagination. D'abord, le grand éclat des images rendra possible l'usage du cinématographe, au rythme, non encore réalisé en astronomie, d'une photo par demi-seconde. Par ce moyen, chaque fois que se trouveront *parfaitement* réalisées les conditions atmosphériques — une ou deux nuits par an ! — on sera assuré de ne gaspiller aucun de ces instants précieux. Les clichés du film, agrandis bien au delà de ce que l'œil pourrait distinguer dans la vision télescopique directe, révéleront probablement des surprises.

Une avalanche de roches sur les flancs

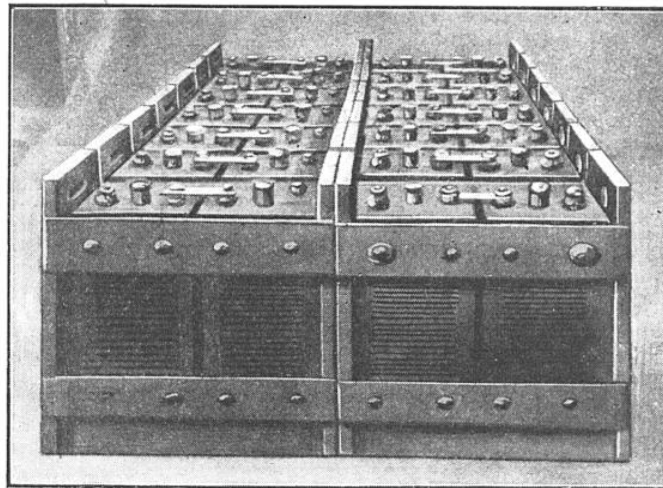


LE COLIS PARVENU A DESTINATION, SUR LA NEIGE
Un guide vient le recueillir.

abrupts des montagnes lunaires, une fumée filtrant d'un cône volcanique de la Lune seront, le cas échéant, nettement analysés. S'il existe, sur notre satellite, des vestiges d'une civilisation disparue, un péristyle, un fût de colonne, on le saura, ce qui, dans l'affirmative, fera plaisir à H. G. Wells.

Ayant dressé la carte lunaire à une échelle qu'envieront nos états-majors militaires, le grand télescope ira lever les canaux de la planète Mars et prendre l'état exact de ses eaux et forêts. Jupiter et sa tache rouge, satellite en formation, nous donneront peut-être une leçon de cosmogonie inespérée, que le monde si varié de Saturne complétera à son tour par la vision détaillée de ses fameux anneaux.

Le système solaire exploré, les astronomes



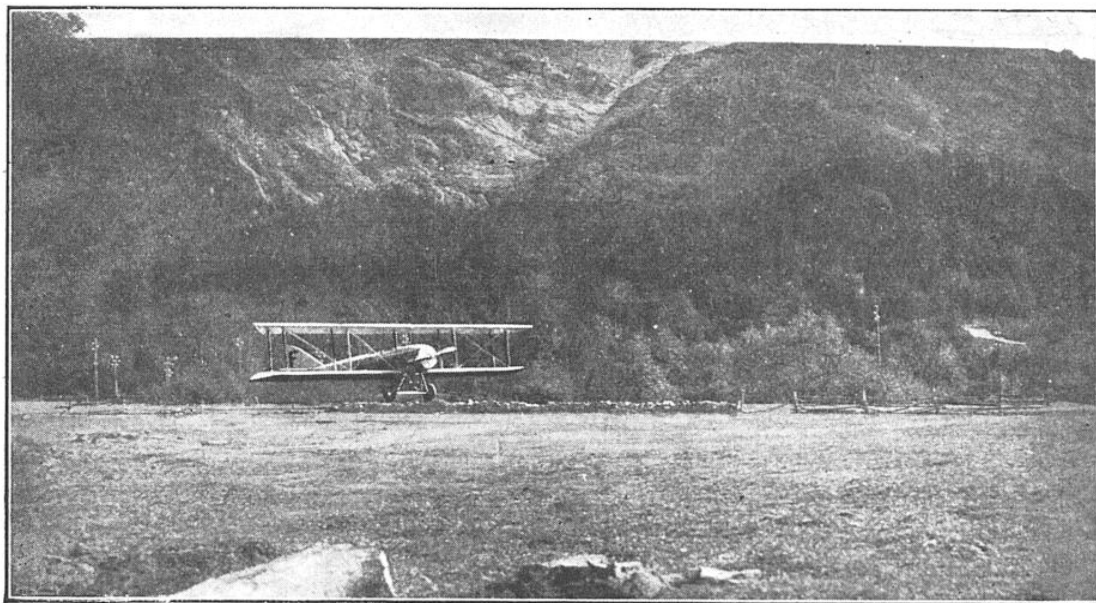
PARTIE DE LA BATTERIE D'ACCUMULATEURS AU FERRO-NICKEL DÉJÀ TRANSPORTÉE A L'OBSERVATOIRE VALLOT
La puissance totale de 20 kilowatts régularisera le courant fourni par l'aéromoteur de 75 kilowatts, chargé d'alimenter l'observatoire météorologique automatique.

passeront aux étoiles.

Les plus proches de nous, *Alpha* du Centaure, Sirius et son compagnon prendront un diamètre apparent que l'on prévoit devoir atteindre l'angle de *deux minutes* pour Sirius, alors que cet astre ne couvre, à l'œil nu, qu'un angle visuel de quelques *centièmes de seconde* (on sait que le minimum d'angle visuel sensible à l'œil

humain est d'une minute environ).

Si ces soleils lointains possèdent des satellites, peut-être le jeu de leurs éclipses permettra de refaire sur leurs mouvements la mesure de la vitesse de la lumière, telle que Rømer l'effectua avec les satellites de Jupiter. Et, sur cette nouvelle distance, soixante mille fois plus grande, qui sait si la mesure astronomique de la vitesse de la lumière



LE LIEUTENANT THORET ATTERRISSANT A L'AÉRODROME SPÉCIAL DE CHAMONIX

(la seule qui soit directe et n'exige aucune théorie préconçue) ne fournira pas des résultats inattendus.

Nous passons sous silence les travaux classiques des astrophysiciens, qui trouveront dans le télescope géant un auxiliaire merveilleux.

La météorologie aura aussi asile dans ce temple de la Science

Concurremment avec ce plan de travaux célestes, M. Dina et ses collaborateurs en réaliseront un autre, physiquement plus terre à terre, moralement aussi élevé, puisqu'il consiste, en définitive, à éclairer les routes si périlleuses de l'aviation. Il s'agit, en effet, de perfectionner les méthodes théoriques et pratiques de la prévision du temps.

La météorologie, c'est la physique en plein air, mais le météorologue, physicien prisonnier des phénomènes qu'il explore, doit, en particulier, faire la thermodynamique (jeu des pressions et des températures) de l'atmosphère, tout en demeurant plongé, comme vous et moi, dans la chaudière aux nuages, que chauffe le soleil. Électricien, il doit mesurer les orages, tout en n'étant qu'un simple moustique dans l'« électroscope » où ils se déroulent.

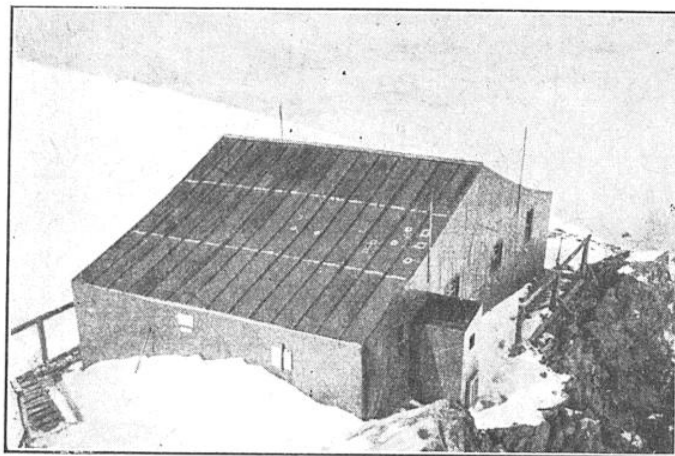
Il est vrai que ce moustique possède, depuis peu, l'antenne de la T. S. F., mais il ne sait pas encore l'utiliser.

Déjà, sur le vieux paratonnerre de Franklin, le savant russe Popoff avait décelé, voici plus de trente ans, l'effet des orages lointains, générateurs d'ondes hertziennes. La radiogoniométrie permet aujourd'hui — au moins théoriquement, car l'expérience n'a jamais été faite sérieusement que je sache — de déceler à distance la position d'un orage. Deux stations opérant de concert,

enregistrant synchroniquement la direction des *mêmes* parasites, suffiraient pour construire le triangle de position.

Mieux encore, un réseau de stations émettrices se renvoyant mutuellement des faisceaux d'ondes dirigées pourraient, d'après les caractères de la réception, tirer d'utiles inductions sur l'état de l'atmosphère traversée.

Tel sera, sans doute, le rôle météorologique de la T. S. F. quand elle possédera tous ses moyens. M. Dina est en rapport avec un grand constructeur allemand pour réaliser un jour ces installations.



LE CÉLÈBRE OBSERVATOIRE VALLOT, DU MONT BLANC, DANS SON ÉTAT ACTUEL

Construit en planches recouvertes de cuivre rouge, ce baraquement est le seul qui ait jamais pu résister aux bourrasques de neige. Le rocher sur lequel il est assis constitue une position absolument unique, à cette altitude.

Pour l'instant, on peut utiliser la T. S. F. pour réaliser l'*observatoire automatique*, capable de répondre à distance, instantanément et aussi souvent que l'exigera l'instabilité du temps, aux diverses questions suivantes : *Quelle est la pression ? Quelle est la température ? Quel est le degré hygrométrique ? Quelle est la vitesse du vent ?*

Comment on conçoit un observatoire automatique

Si l'on réfléchit à ce qu'est la « télé mécanique » en général (1), on comprend que c'est un jeu d'installer, dès maintenant, des appareils enregistreurs capables d'émettre automatiquement, par T. S. F., les degrés qu'indiquent leurs aiguilles. Il suffit, pour qu'un tel observatoire fonctionne, qu'il dispose d'une source sûre d'énergie locale. Des relais ingénieux, se déclanchant sur un signal Morse conventionnel, assureront le service.

Supposez qu'au mont Blanc, au puy de Dôme, au pic du Midi, etc., existent de tels observatoires automatiques. Le bureau chargé de faire la *carte du temps*, peut les questionner tour à tour par T. S. F. Ce

(1) *La Science et la Vie*, n° 109, juillet 1926.

bureau peut donc connaître, par deux appels convenablement espacés, les *tendances* de la pression ou de la température, c'est-à-dire le sens positif ou négatif dans lequel ces données sont en train de varier.

Or, ce renseignement est beaucoup plus important que le « chiffre absolu » mesurant les mêmes données. La « tendance » permet, en effet, de prévoir l'évolution du phénomène pression, du phénomène température, desquels tous les autres dépendent. Les météorologues construisent, dans ce sens, des courbes « isallobares », « isallothermes », qui réunissent les points de même *tendance*. Ces courbes, si elles sont tracées d'après des observations suffisamment resserrées dans le temps (intervalle de trois, quatre, cinq heures), sont infiniment plus précieuses que les fameuses *isobares* (courbes d'égales pressions) et *isothermes* (courbes d'égales températures), sur lesquelles Le Verrier fonda la météorologie classique.

Les deux observations fixant la tendance en un point donné se font, à l'heure actuelle, le plus souvent, de vingt-quatre en vingt-quatre heures et sur des stations, en outre, beaucoup trop clairsemées.

De nombreux observatoires automatiques, tels que M. Dina les conçoit, installés aux

points géographiques les plus convenables, pourront, seuls, donner aux météorologues la vision continue des phénomènes et, par là, les conduire à une méthode rationnelle de prévision du temps.

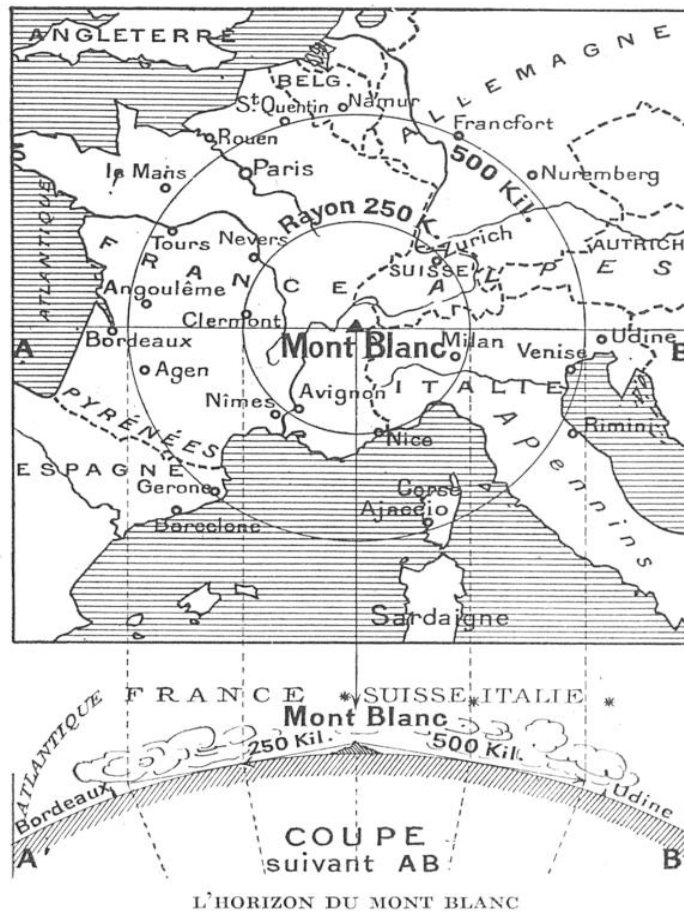
Le premier observatoire de ce genre sera

celui du mont Blanc. Le lieutenant aviateur Thoret y a déjà transporté une batterie d'accumulateurs (au ferro-nickel) de 20 kilowatts.

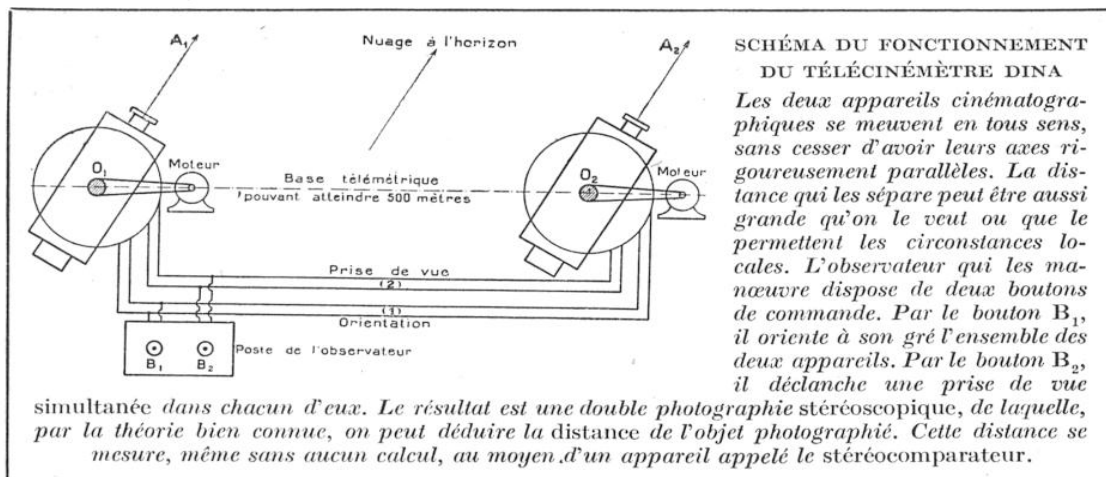
Ce ne fut pas une petite affaire que l'organisation de ce transport aérien.

Thoret installa sous son avion Farman un coffre à quatre compartiments, dont les volets inférieurs, se déclanchant au moment voulu, laissaient tomber un colis de 40 kilogrammes suspendu à un parachute. Partant de Genève-Cointrin, Thoret parvenait, sur le mont Blanc, au col du Dôme, à l'altitude de 4.500 mètres, après 75 kilomètres de vol. Les colis, recueillis par

des guides, étaient transportés à l'observatoire Vallot, distant du col de 500 mètres. L'observatoire Vallot, point unique à la cime du mont Blanc, appartient aujourd'hui à M. Dina, en vertu de la prudente donation de son fondateur. En neuf jours, durant le mois de septembre, le lieutenant Thoret transporta de la sorte une tonne de matériel : 810 kilogrammes d'accumulateurs, 115 kilogrammes de tôle de cuivre rouge



L'HORIZON DU MONT BLANC
Le premier cercle, d'un rayon de 250 kilomètres, limite l'horizon terrestre réel d'un observateur placé au sommet du pic. Le deuxième cercle, d'un rayon double, marque l'horizon des nuages visibles lorsqu'ils sont à 4.000 mètres de haut. Les nuages qui se forment au-dessus de cette altitude, les plus intéressants pour la météorologie (on trouve des cirrus à 11.000 mètres), sont visibles du mont Blanc jusque fort loin sur l'Atlantique, la Manche, la Méditerranée.



destiné à la construction des chambres étanches où seront établis les appareils, 16 kilogrammes de mâts pour le montage d'un poste de T. S. F. et 113 kilogrammes de vivres.

Au printemps, ce charroi aérien continuera avec un perfectionnement : l'aviateur atterrira sur la neige du col, avec un avion muni de skis. Et les savants qui auront quelque chose à faire là-haut, seront invités à monter sans fatigue.

Les prochaines cargaisons comporteront une éolienne en pièces détachées, que le spécialiste aérotechnicien,

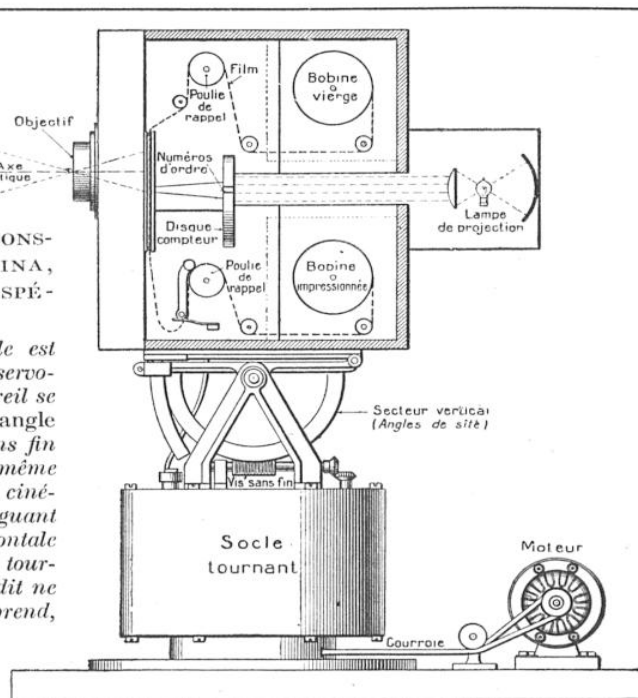
M. Constantin, est en train de réaliser. La batterie, chargée par l'éolienne, alimentera le poste de télémechanique et celui de T. S. F.

Tel sera l'observatoire météorologique du mont Blanc, qui fonctionnera pendant tout l'hiver sans observateur.

L'observatoire du mont Salève le tiendra constamment en surveillance et le question-

DÉTAIL DE L'UN DES APPAREILS CONSTITUANT LE TÉLÉCINÉMÈTRE DINA, RÉALISÉ PAR LE CONSTRUCTEUR SPÉCIALISTE MOLLIER

Le mouvement d'orientation azimutale est assuré par un socle tournant mû par un servomoteur électrique. D'autre part, l'appareil se braque dans le sens vertical, suivant l'angle de site désiré, au moyen d'une vis sans fin qui actionne un secteur vertical, lui-même solidaire de la plate-forme où repose le cinéma proprement dit. Ce système conjuguant les deux mouvements de rotation, horizontale et verticale, est contenu dans le socle tournant. Le cinématographe proprement dit ne diffère pas de l'appareil classique ; il prend, toutefois, des vues rectangulaires d'une longueur double de celle des clichés qui composent les films ordinaires. Le déclenchement de l'objectif se fait par un électro, commandé par l'opérateur. Un système optique de projection, intérieur à l'appareil, impressionne le film sur un millimètre carré et marque chaque cliché des numéros d'ordre nécessaires (date, heure, etc...) pour reconstituer l'ensemble stéréoscopique par l'adjonction du second film identiquement réalisé dans le second appareil.



nera « à distance », comme il a été dit.

De même qu'au Salève l'astronomie aura fait un peu de place à la météorologie, réciproquement l'observatoire Vallot-Dina, du mont Blanc, devra trouver le moyen de loger un bon télescope de 90 centimètres. Entre autres expériences, ce télescope, unique en de telles altitudes, permettra de renouveler à loisir l'expérience connue de M. Hamy. Voilé d'un écran rouge, destiné à éliminer le « bleu du ciel », ce « brouillard moléculaire », il donnera l'image des étoiles en plein jour. Photographiant simultanément les étoiles et le soleil, on réalisera ainsi, autant de fois qu'on le voudra, la vérification de la déviation des rayons stellaires au voisinage du soleil (prévue par les théories d'Einstein). On sait que, pour vérifier cet effet, il a fallu aller en Afrique et dans l'océan Indien, lors des dernières éclipses totales.

L'observation scientifique des nuages et la prévision pratique du temps (1)

Mais revenons aux travaux proprement météorologiques de l'observatoire du mont Blanc.

La météorologie théorique n'est pas encore très sûre d'elle-même, avons-nous dit. Cependant, une météorologie empirique existe, que les savants avisés prennent en considération. C'est celle des paysans.

En 1744, un certain « berger » de Branbury publiait, à Londres, des « règles » de prévision du temps, desquelles le capitaine de corvette J. Roucha écrit qu'elles peuvent servir de transition entre la prévision empirique et la prévision scientifique du temps. Les plus efficaces de ces règles se fondent sur l'état des nuages. « S'il y a des nuages au lever du soleil et qu'ils se dissipent, signe certain de beau temps. » « Des nuages petits, ronds, pommelés, avec vent du nord, annoncent deux ou trois jours de beau temps. » « De petits nuages qui grossissent, présagent beaucoup de pluie. » « De grands nuages qui diminuent annoncent le beau temps », etc...

Aujourd'hui, ces petits ou gros nuages ont des noms : cirrus, cirro-stratus, cirro-cumulus, alto-cumulus, etc... dont l'altitude

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 87.

varie depuis 11 kilomètres pour les premiers jusqu'à 500 mètres pour les derniers, qui sont les nimbus.

Un cirrus qui se forme, un cirrus-stratus qui se déchire, un alto-cumulus qui grandit ou décroît, ces observations chères au berger de Branbury, on peut les répéter à beaucoup plus grande échelle du haut d'une montagne.

Du sommet du mont Blanc, l'horizon terrestre est à 250 kilomètres, mais tout nuage situé au-dessus de 4.000 mètres devient visible sur un horizon double, de 500 kilomètres de rayon. Quel beau champ d'étude pour le fameux berger météorologue !

Le cinéma, le stéréoscope, la lunette d'approche, réunis par l'ingéniosité de M. Dina, constituent aujourd'hui le *télécinémètre*. Grâce à cet appareil, on pourra, du sommet du mont Blanc, *cinématographier*, jusque dans le lointain le plus profond, les nuages en mouvement ou en voie de déformation. Comme l'appareil est

téléométrique (deux cinémas synchronisés formant

le stéréoscope classique), il donne, en outre, la distance et la vitesse de

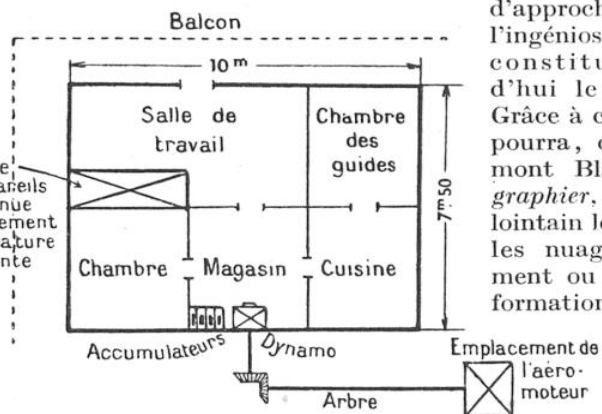
translation du nuage, donc la direction et la vitesse du vent.

L'observateur peut faire, sans se déranger, la carte du temps de toute l'Europe occidentale, par l'étude scientifique des images « télécinémétriques » des nuages.

Supposez, maintenant, que le *télécinémètre* de M. Dina travaille également au pic du Midi, en Écosse, aux Karpathes, en Norvège ; les observatoires découverts feront la carte des nuages aux lieux et places des observatoires couverts. Cette conception aboutit à la météorologie la plus immédiatement pratique, qui indiquera aux aviateurs dans quelle direction la route est libre.

Ajoutons que les cartes du temps, chez M. Dina, seront tracées sur une mappemonde en cristal dépoli (63 centimètres de diamètre), ce qui évite les déformations ordinaires des cartes géographiques, et nous aurons achevé d'entrevoir quel esprit rénovateur peut souffler sur la météorologie, si les savants adoptent les méthodes de M. Assan Dina.

JEAN LABADIÉ.



PLAN DE L'OBSERVATOIRE VALLOT
Disposition de l'organisation projetée
par M. Dina.

LA FRANCE A MODERNISÉ SA FLOTTE DE PÊCHE GRACE AU BATEAU A MOTEUR

Par Jean MARIE

INGÉNIEUR PRINCIPAL DE LA MARINE MARCHANDE

Le bateau de pêche a été, pendant longtemps, le « parent pauvre » de la Marine marchande. Depuis quelques années, l'emploi du moteur à combustion a fait de grands progrès, surtout à l'étranger (Norvège et Danemark), mais aussi en France. En 1922, nous avions à peine 750 bâtiments propulsés mécaniquement ; en 1925, nous dépassions largement 2.000. C'est là une initiative féconde grâce aux efforts combinés des techniciens et des marins. La dernière manifestation nationale de La Rochelle, en 1926, où un concours de bateaux de pêche avait été organisé, témoigne des résultats acquis et laisse entrevoir un développement plus grand encore. En effet, les avantages que présentent pour la pêche les bateaux à moteur sont tels que les constructeurs spécialisés réalisent aujourd'hui des moteurs robustes, d'un fonctionnement régulier, à régime souple, faciles à installer, ce qui les différencie de nos moteurs d'automobile à grande vitesse et délicats d'entretien. Pour montrer à nos lecteurs comment a été résolu pratiquement ce problème, nous avons demandé à M. l'ingénieur principal de la Marine marchande, Jean Marie, d'exposer ici l'état actuel de la propulsion de nos flottilles de pêche, grâce aux différents moteurs diversement alimentés qui ont fait leurs preuves au concours de La Rochelle, organisé par l'auteur de cet article.

JUSQU'À ces derniers temps, la pêche maritime à moteur était notablement moins développée en France qu'à l'étranger, et particulièrement dans les pays scandinaves, où l'industrie de la pêche constitue l'une des principales ressources nationales.

Alors que l'emploi du moteur marin à bord des navires de pêche présentait, sur nos côtes, un caractère exceptionnel, les pêcheurs norvégiens et danois utilisaient, depuis de longues années, la propulsion mécanique ; pour ne citer qu'un exemple, dans le port d'Esbjerg (Danemark), il n'existait, en 1922, sur 221 bateaux de pêche immatriculés, qu'un seul bâtiment sans moteur.

Les avantages de la propulsion mécanique sont cependant importants : le bateau à moteur permet au marin de se rendre plus rapidement sur les lieux de pêche, de rentrer au port avant le voilier et, par conséquent, de vendre plus facilement le poisson. Il est économique, car il n'exige, pour sa manœuvre, qu'un personnel réduit. L'installation d'un



M. JEAN MARIE

moteur sur les chalutiers à vapeur étend leur rayon d'action pour un poids de combustible déterminé par suite de la faible consommation du moteur.

Grâce à l'effort tenace des constructeurs français, grâce à l'émulation créée par les divers concours de bateaux de pêche à moteur, périodiquement organisés par la Marine marchande, ce fâcheux état de choses tend actuellement à évoluer dans un sens favorable, et, lors du dernier recensement officiel, on put constater que le nombre des navires de pêche à moteur était passé, pour la France, de 749 unités en 1922 à 2.146

en 1925, dont 235 bateaux munis de moteurs à huiles lourdes.

Ces chiffres font nettement apparaître les progrès réalisés depuis quatre ans dans le développement de la pêche à moteur, et il est possible d'envisager dès maintenant le moment où la France aura non seulement rattrapé son retard vis-à-vis des nations étrangères, mais encore possédera une des

flottes de pêche à moteur les mieux équipées et les plus exactement adaptées aux nécessités multiples du labeur maritime.

Le moteur marin doit être à la fois robuste, souple, facile à installer

On peut s'étonner de l'état d'infériorité dans lequel nous nous trouvons encore au point de vue de l'utilisation du moteur à la mer, alors que notre pays s'est toujours placé à l'avant-garde du progrès automobile.

Cette situation assez paradoxale, en effet, vient, tout d'abord, de ce qu'en France les produits de la pêche ne tiennent pas, dans l'alimentation générale, la place prépondérante qu'ils occupent dans les pays du Nord et qu'ainsi la propulsion mécanique ne s'est pas présentée chez nous avec le même caractère de nécessité qu'à l'étranger, pour accroître dans de larges limites le rendement de la pêche.

De plus, on doit observer qu'il ne suffit pas de placer dans une coque de bateau un excellent moteur fixe, ou moteur d'automobile, pour obtenir immédiatement un appareil marin présentant toutes les qualités requises. Pour qu'un moteur satisfasse aux dures exigences de la pêche, il doit, en effet, être avant tout *robuste*, d'une *facile installation à bord* et d'une *grande souplesse de fonctionnement* (fig. 1).

Alors que le moteur d'automobile donne, dans la pratique courante, des vitesses de 3.500 à 4.000 tours par minute et atteint même 6.000 tours sur les engins de sport, le régime de rotation doit être, à la mer, *beaucoup plus lent*, afin que le moteur puisse commander directement l'hélice et assurer ainsi la propulsion du bateau dans les conditions les plus favorables.

Le moteur doit, de plus, être *abrité contre la mer et les embruns* et, à cet effet, muni de carters étanches, qui, sous le capot d'une voiture, sont évidemment sans utilité.

En raison du rôle important qui incombe au moteur à bord des unités de pêche, il importe, en outre, que celui-ci présente la plus grande *sécurité* de fonctionnement et que

le pêcheur puisse entièrement compter sur son appareil, lorsqu'il se rend sur les lieux de pêche, qu'il tend ses filets, procède à leur relevage, etc...

Enfin, comme les ressources des pêcheurs sont assez limitées, il faut que le moteur marin soit d'un *prix abordable*, que sa *consommation reste modérée* et qu'il utilise, de préférence, un *combustible bon marché*; cette dernière considération explique la faveur dont jouissent actuellement, pour les unités de moyen et de fort tonnage, les moteurs à combustion, marchant aux huiles lourdes (moteurs Diesel et semi-Diesel, fig. 2), par rapport aux moteurs à essence, qui nécessitent l'emploi d'un combustible cher.

On voit ainsi apparaître les différences

sensibles qui existent entre les qualités particulières à exiger d'un moteur d'automobile et d'un moteur marin.

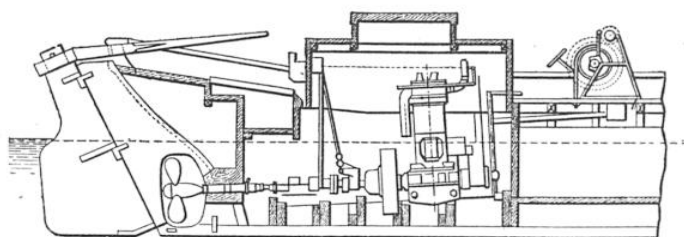


FIG. 1. — SCHÉMA D'INSTALLATION D'UN MOTEUR A BORD D'UN BATEAU DE PÊCHE

Le moteur doit être robuste, facile à installer et d'une grande souplesse de fonctionnement. Il tourne lentement, car il commande directement l'hélice. Le treuil, situé sur le bateau, est également actionné par le moteur.

Le moteur d'automobile ne peut être utilisé tel quel par un bateau de pêche

Au début de l'utilisation du moteur à la mer, on s'est évidemment borné à mettre à bord des bateaux de pêche des moteurs d'automobile existants, et, pour les diverses raisons sommairement rappelées ci-dessus, ces installations rudimentaires n'ont pas tardé à donner des mécomptes. Il a alors fallu mettre les moteurs au point et les adapter de plus en plus étroitement à leur rôle maritime, en modifiant la vitesse de rotation, en assurant la protection des organes délicats, en réduisant l'importance des tuyauteries, etc...

Le moteur d'automobile a, de son côté, poursuivi sa brillante carrière, de telle sorte que le fossé qui tend à séparer les deux types principaux de moteurs à essence (moteurs de voitures et moteurs de bateaux) s'est creusé toujours davantage et que les moteurs marins, marchant suivant le cycle à explosion, présentent maintenant des caractéristiques propres correspondant à leur emploi spécial à bord des unités de pêche.

D'autre part, le moteur à combustion qui utilise un combustible dense (gas-oil,

fuel-oil), beaucoup moins onéreux que l'essence, a trouvé dans la pêche une application de tout premier ordre ; comme il présente sur le moteur à essence des avantages inhérents au combustible employé, qu'il est plus économique et qu'il réduit les risques d'explosion ou d'incendie, les armateurs et pêcheurs, possédant des bateaux d'un certain tonnage, ont, le plus souvent, préféré recourir à ce second type de moteurs, dont le développement se trouva, de plus, très largement favorisé par les concours de la Marine marchande.

D'une manière générale, la flotte de pêche française à moteur se compose ainsi, à l'heure actuelle, de petites unités dotées de moteurs marins à essence (sardiniers, petits langoustiers, etc...), d'unités plus importantes possédant des moteurs semi-Diesel (thonniers, langoustiers, petits chalutiers) et de forts navires de pêche (chalutiers de 70 à 500 tonnes) pourvus de moteurs du type Diesel.

Quels sont les différents types de moteurs marins actuellement adoptés

Il n'est peut-être pas sans utilité de rappeler brièvement quelques notions élémentaires sur ces diverses sortes de moteurs marins, que l'on peut classer en trois catégories principales, d'après le mode de combustion, à savoir :

Moteurs à explosion (combustion à volume sensiblement constant) ; moteurs semi-Diesel (cycle mixte de combustion) ; moteurs Diesel (cycle comportant de hautes compressions).

Les *moteurs marins à explosion* dérivent

en droite ligne des moteurs d'automobile et sont alimentés à l'essence ou au pétrole lampant. Ils possèdent un dispositif normal de carburation et leur allumage se fait généralement à l'aide d'une magnéto.

Ils sont caractérisés par leur *légèreté*, leur *faible encombrement* et leur *facilité de conduite*. Ces

qualités les destinent donc tout naturellement aux navires de pêche de petit tonnage (fig. 4).

Ils présentent, toutefois, l'inconvénient d'employer un combustible d'un prix élevé,

qui comporte, en outre, des risques graves *d'explosion* et *d'incendie* à bord des bateaux pontés.

Les moteurs *semi-Diesel* (fig. 3) occupent une place intermédiaire entre les moteurs à explosion et les moteurs Diesel : ils fonctionnent comme ces derniers, suivant un cycle

à combustion, mais avec une compression intérieure réduite ; aussi l'allumage du mélange tonnant doit-il être réalisé à l'aide d'une boule creuse chauffée, qui surmonte le cylindre. Ces moteurs sont *plus simples* et *moins pesants*, à puissance égale, que les

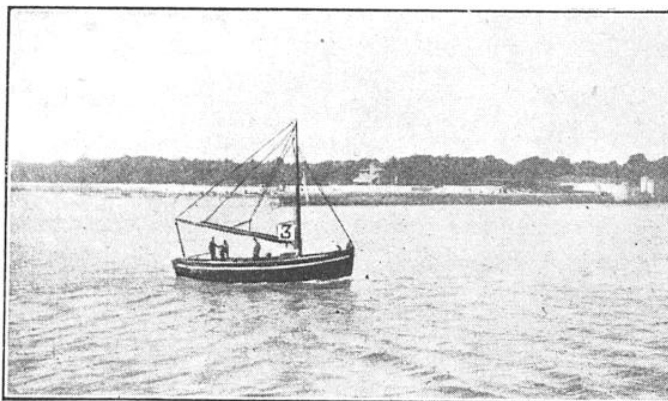


FIG. 2. — LE « SCRÉO », BATEAU DE PÊCHE À MOTEUR DE 11 TONNEAUX, MUNI D'UN MOTEUR BALLOT DE 15 C. V. *Premier prix du concours de navires de pêche munis de moteurs à huiles lourdes (première catégorie). La Rochelle, septembre 1926.*

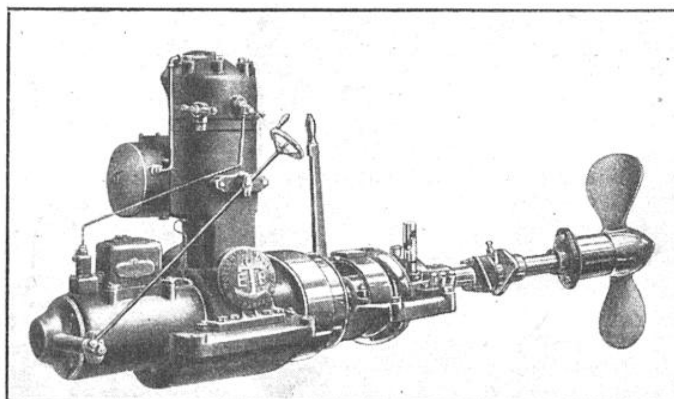


FIG. 3. — MOTEUR SEMI-DIESEL MONOCYLINDRIQUE BALLOT DU « SCRÉO » (15 C. V. 475 TOURS PAR MINUTE)

moteurs Diesel ; ils permettent l'emploi d'un *combustible lourd*, moins cher que l'essence, et donnent les résultats les plus satisfaisants à bord des unités de tonnage moyen.

Si l'on veut encore réduire la consommation de combustible, il faut alors recourir aux *moteurs Diesel*, qui comportent des pressions intérieures de 35 à 50 kilogrammes et dans lesquels l'allumage du mélange est provoqué par la température de compression. On conçoit aisément que des moteurs susceptibles de supporter des pressions aussi élevées doivent être particulièrement robustes, qu'ils exigent une notable augmentation du poids par cheval et qu'ainsi les moteurs Diesel se présentent, en raison même de leur constitution et de leurs qualités économiques, comme parfaitement adaptés aux navires de pêche de fort tonnage, dotés d'appareils moteurs lourds et puissants.

Dans les quelques lignes qui précèdent, j'ai systématiquement écarté tous détails relatifs aux cycles, aux nombres de temps et de cylindres, aux particularités d'injection de combustible, de graissage, de changements de marche, etc., qui sortiraient du cadre de cette étude ; j'ai simplement voulu classer en grandes catégories, de façon aussi nette que possible, les nombreux types de moteurs qui sont maintenant utilisés sur les bateaux de pêche et faire ressortir les principaux avantages et inconvénients de chaque catégorie d'appareils.

Il faut d'ailleurs observer que, pour une unité donnée, devant assurer normalement une mission de pêche déterminée, le choix du moteur reste toujours une chose assez délicate, en raison des qualités très diverses à envisager et de l'extrême variété des modèles proposés aux clients par les constructeurs ; aussi avons-nous remarqué, lors de récents concours, des erreurs manifestes dans le type et la puissance des moteurs qui avaient été choisis par les armateurs ou les

constructeurs de coques pour certaines unités de pêche présentées aux épreuves.

A cet égard, des concours officiels, comme ceux de Boulogne (septembre 1923) ou de La Rochelle (septembre 1926), apportent aux usagers de la pêche de précieux enseignements ; ils leur permettent, en effet, de connaître la valeur comparée des divers moteurs et de se rapprocher, pour leurs constructions nouvelles, des types généraux de bateaux à moteur qui ont été considérés, par un jury compétent, comme les mieux adaptés au rôle que ces unités sont appelées à remplir en service courant.

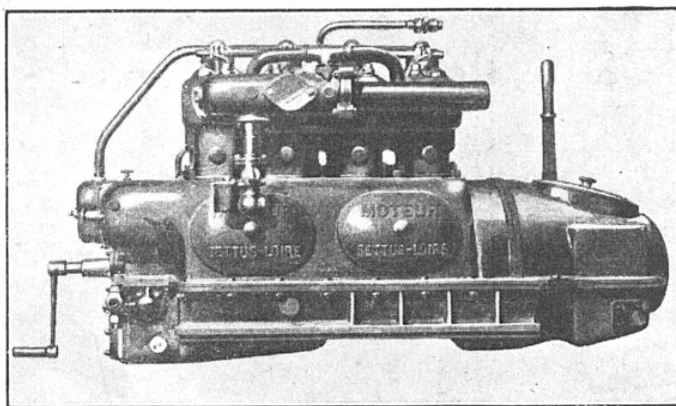


FIG. 4. - MOTEUR A ESSENCE « BETTUS-LOIRE » DE 45 C. V. DU SARDINIER « BETTUS-LOIRE »

Premier prix du Concours international de navires de pêche munis de moteurs à essence (deuxième catégorie). La Rochelle, septembre 1926.

il reste, pour assurer définitivement le triomphe du moteur à la mer, à résoudre un problème très complexe, à savoir, celui des appareils auxiliaires de bord.

On sait, en effet, que, sur les grands chalutiers, par exemple, la vapeur n'est pas simplement utilisée à la propulsion du navire, mais qu'elle sert également à la marche des appareils auxiliaires, tels que les cabestans et les treuils à chalut. Or, pour la conduite de ces treuils et cabestans, le moteur présente actuellement une indiscutable infériorité par rapport à la machine à vapeur.

Lorsqu'il s'agit, en effet, de relever le chalut, l'effort résistant s'accroît sur le moteur et cette variation de résistance entraîne une réduction du couple moteur : pour compenser cette chute de couple moteur aux basses allures, il faudrait avoir recours à un *mécanisme* ou un *fluide intermédiaire*, et, à cet égard, les systèmes qui ont été présentés tant à Boulogne qu'à La Rochelle, n'ont pas

Il y a encore des progrès à faire

Si la question du moteur marin est entrée depuis plusieurs années dans une phase d'évolution décisive et s'il n'est plus maintenant permis de contester les qualités de bon fonctionnement des moteurs renommés, qu'ils soient de marques françaises ou étrangères,

apporté une solution complète et satisfaisante de la question.

Jusqu'à ce que celle-ci soit trouvée et mise au point, les chalutiers à moteur sont ainsi obligés de conserver une chaudière auxiliaire à vapeur, spécialement destinée aux manœuvres des treuils et cabestans et généralement chauffée au mazout, puisque ce combustible se trouve à bord pour l'alimentation du moteur principal.

C'est, assurément, dans la recherche d'une solution dispensant de l'emploi de la chaudière auxiliaire que doivent être, désormais, le plus résolument poussées les études des constructeurs, si l'on veut que le moteur, dont l'emploi se généralise de plus en plus à bord des petits navires, l'emporte définitivement sur la machine à vapeur pour la propulsion des grosses unités de pêche.

Les idées et les tendances nouvelles en honneur dans la Marine marchande française

Tandis que se parachève l'application à la pêche des engins de propulsion mécanique, les constructeurs et les ingénieurs élaborent également et mettent au point des dispositifs nouveaux, destinés à simplifier les conditions d'emploi des moteurs ou à réduire la dépense de combustible.

Lors de la dernière exposition de moteurs marins à La Rochelle, les visiteurs furent particulièrement intéressés par un système spécial d'allumage, pour moteur semi-Diesel, à taux de compression élevé, qui consiste à substituer à la boule chaude, normalement utilisée, une simple mèche d'amadou : le pêcheur, grâce à ce dispositif, peut ainsi allumer son moteur... comme sa pipe !

D'autre part, une tendance générale semble se manifester pour la suppression complète de l'injection d'eau, qui était antérieurement employée dans de nombreux types de moteurs semi-Diesel. On recourt aussi, de plus en plus, pour les moteurs Diesel, aux systèmes de pulvérisation mécanique, dont les progrès furent longtemps retardés par

l'insuffisance de vaporisation du pétrole dans la chambre à combustion : la difficulté est maintenant tournée, grâce à l'adoption de profils appropriés pour les têtes de pistons, en vue de faire parcourir un plus long trajet au jet de combustible, et la consommation par cheval-heure se trouve, par ce mode d'injection, très notablement réduite.

Enfin, une installation fort intéressante a été récemment réalisée à bord du yacht *Remi*, afin d'alimenter le moteur du navire au gaz de charbon de bois (fig. 5). Le moteur peut fonctionner indifféremment à l'essence et au gaz pauvre : dans ce dernier cas, l'alimentation a lieu, soit

directement par aspiration du moteur dans le gazogène, soit avec interposition d'un sur-compresseur, destiné à racheter la perte de puissance consécutive à l'emploi du gaz pauvre.

Les mesures de consommation de combustible qui ont été effectuées à La Rochelle, ont fait apparaître une consommation de charbon de bois, par mille parcouru, de 1 kg. 57, à l'allure de 5,5 nœuds ; en tablant sur un prix de combustible de 600 francs la tonne, on trouve ainsi une

dépense correspondant à 0 fr. 95 par mille, et ce résultat remarquable mérite d'être pris en considération.

Il convient de signaler que, pour des installations de ce genre — qui sont, d'ailleurs, depuis un certain temps, utilisées dans la navigation fluviale et sur les canaux — il est particulièrement important de réaliser avec le plus grand soin une énergique ventilation dans la chambre des moteurs, afin d'en chasser l'oxyde de carbone que tend à produire la combustion du charbon de bois.

Toutes ces idées nouvelles et fécondes, qui entrent rapidement dans la voie des réalisations et qui tendent à accroître les avantages résultant de l'emploi des moteurs marins, contribueront, sans nul doute, à développer l'utilisation à la mer de la propulsion mécanique, qui rend le travail du pêcheur à la fois moins pénible et plus rémunérateur,

JEAN MARIE,

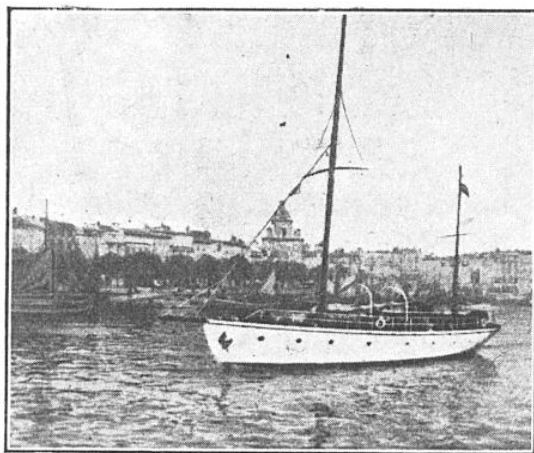


FIG. 5. - LE YACHT « REMI » MUNI D'UN MOTEUR BAUDOUIN A 4 CYLINDRES, FONCTIONNANT AU GAZ PAUVRE DE CHARBON DE BOIS
(Concours de La Rochelle, septembre 1926.)

OU EN EST LA MEUNERIE MODERNE ?

Par E. BOUVIER

Le Congrès de la Meunerie Française s'est réuni à Paris, récemment, pour examiner l'orientation générale à donner à son association et étudier les progrès techniques accomplis dans cette branche si importante de la production nationale. Nous avons donc pensé qu'à la suite de ce 33^e congrès, il était opportun de montrer comment la Science avait contribué à améliorer le rendement de la meunerie moderne et quels progrès remarquables avaient été réalisés, ces dernières années, grâce au concours des sciences appliquées, notamment de la mécanique et de la chimie. C'est dans ce but que nous avons demandé à l'un des spécialistes les plus qualifiés dans cette branche industrielle, M. Bouvier, directeur, à Paris, des Établissements Buhler, d'exposer pour nos lecteurs l'état actuel de ce vaste problème si peu connu du grand public : Où en est la meunerie moderne ?

La rareté du blé et son prix élevé ont obligé les meuniers à perfectionner leur outillage pour accroître le rendement en farine

DEPUIS la guerre, la production nationale de blé ayant notablement diminué, les conditions dans lesquelles s'exerce cette industrie ont dû évoluer. Auparavant, la différence entre le prix de vente des sons et celui des farines était peu importante, le meunier cherchait surtout à obtenir de belles farines, sans attacher une grande importance au pourcentage obtenu.

Aujourd'hui, le prix élevé et la rareté du blé font que l'écart entre la valeur de ces produits a augmenté dans de fortes proportions. Cette situation nouvelle, jointe au désir du gouvernement de réduire au minimum les importations de blés, a imposé aux meuniers la nécessité d'extraire du blé un pourcentage maximum de farine, rendant obligatoire le perfectionnement des méthodes et de l'outillage de l'industrie de la meunerie. Les ingénieurs et les constructeurs spécialistes se sont mis à l'œuvre ; des appareils nouveaux ont été créés, de nouvelles méthodes de mouture appliquées, de sorte que les moulins modernes diffèrent notablement de ceux qu'on installait avant la guerre. Mais il y a plus :

de récentes recherches scientifiques ont contribué au développement des méthodes de contrôle de la fabrication et de l'analyse des produits de mouture. Des procédés chimiques de maturation des farines ont été inventés et sont maintenant appliqués avec succès. Enfin, des minoteries très importantes, produisant des farines pour l'exportation, en utilisant des blés étrangers introduits sous le régime d'admission temporaire, ont été créées. Aussi l'industrie française de la minoterie est-elle devenue une des premières de l'Europe.

Les meuniers eux-mêmes, qui, pour la plupart, s'étaient, jusqu'ici, désintéressés du côté scientifique de leur industrie, commencent à se préoccuper d'acquérir ou de faire acquérir à leurs fils des connaissances théoriques.

Une école française de meunerie, à caractère à la fois théorique et pratique, a été créée en 1924, à Paris, où des professeurs spécialistes éminents enseignent aux futurs meuniers la chimie du grain, la chimie biologique, la microbiologie, la technologie, etc. On peut espérer, grâce à ces efforts, que, dans l'avenir, les

chimistes, les constructeurs d'appareils et les meuniers se concerteront de plus en plus pour mener à bien l'œuvre d'intérêt général que représente la bonne utilisation de notre récolte de blé.

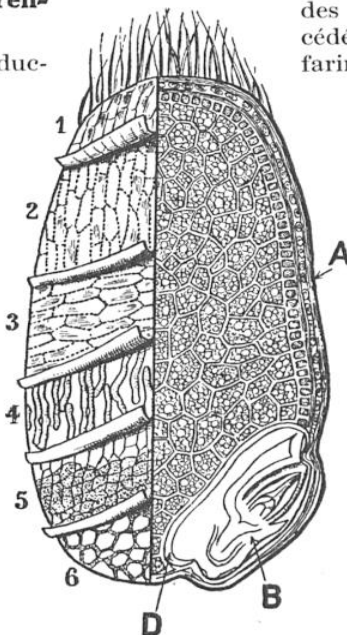


FIG. 1. — CONSTITUTION D'UN GRAIN DE BLÉ

Le grain est entouré de six enveloppes, numérotées de 1 à 6 et qui sont représentées soulevées sur la figure ; B, germe entouré d'une membrane D ; A, coupe de l'enveloppe.

Le grain de blé dans l'industrie de la meunerie

Si l'on examine la figure 1 représentant la coupe longitudinale d'un grain de blé, on reconnaît, dans le grain, trois parties : l'enveloppe *A*, qui deviendra le son ; le germe *B* et, au centre, l'amande farineuse ou albumen, qui donnera la farine.

Toute la science du meunier consiste à extraire aussi complètement que possible l'amande farineuse et à la réduire en farine, sans qu'elle soit souillée de débris provenant de l'enveloppe ou du germe. En d'autres termes, le meunier doit laisser le minimum de farine attachée au son et introduire le minimum de débris dans la farine.

Étudions maintenant la constitution du grain de blé.

L'enveloppe est formée de six membranes superposées, désignées par les nos 1 à 6 sur la figure 1. La membrane extérieure, l'épicarpe, est partiellement recouverte de poils, principalement à l'extrémité du grain opposée au germe. Le germe *B* est également entouré d'une membrane *D* (scutellum), qui s'interpose comme un bouclier entre lui et l'amande farineuse. Cette dernière est formée de grandes cellules contenant de l'amidon et du gluten, matière conférant à la pâte l'élasticité qui lui permet de résister à la pression des gaz produits pendant la fermentation et, par conséquent, de fournir, après cuisson, des pains levés. Dans la cellule, les grains d'amidon sont emprisonnés dans le gluten comme le miel dans l'alvéole de cire.

Le son est-il un aliment pour l'homme?

Aimé Girard a démontré, en 1884, que l'enveloppe, le son, n'est pas digestible pour l'homme. Il est vrai que les conclusions auxquelles il est arrivé, ont été, à l'époque, combattues par certains savants et qu'aujourd'hui encore, d'autres savants prétendent que le son serait digestible et que son incorporation dans la farine apporterait un complément de facteurs accessoires d'alimentation, appelés vitamines. Des travaux récents ont, en effet, démontré que l'intestin de certains sujets, habitués de longue date à un régime végétarien, sécrète certains sucs semblables à ceux qu'on trouve dans l'intestin des ruminants, sucs capables de digérer la cellulose qui entre pour la plus grande partie dans la constitution de l'enveloppe, et que le germe est riche en vitamines. Il n'en est pas moins vrai que, pour la généralité des hommes, c'est-à-dire pour ceux qui pratiquent un régime alimentaire mixte, l'enve-

loppe du blé n'est pas digestible et qu'un tel régime comporte en quantité suffisante des vitamines sans qu'il soit nécessaire de recourir à celles du germe, dont l'incorporation dans la farine provoque, par les corps gras qu'il contient, le rancissement et en empêche la bonne conservation.

Il faut donc réserver l'enveloppe et le germe aux animaux et en laisser le moins possible dans la farine.

Pour traiter convenablement le blé, il faut connaître les propriétés biologiques de ses constituants

L'enveloppe mélangée à la farine nuit également à la panification, parce que certaines de ses cellules et en particulier celles de la dernière membrane intérieure, l'assise protéique, contiennent des matières, appelées diastases, qui ramollissent le gluten et rendent le pain gris. Ces diastases, qu'on désigne aussi sous le nom de ferments solubles ou *enzymes*, sont des substances douées d'une très grande activité, capables d'opérer des transformations chimiques du même genre que celles produites par les microorganismes qu'on désigne habituellement sous le nom de ferments figurés.

A l'inverse de ces derniers, qui sont des êtres vivants (ferment acétique intervenant dans la fabrication du vinaigre, levure de bière, etc...), les diastases ne présentent aucune organisation histologique; ce sont, non des êtres vivants, mais des substances organiques colloïdales. Elles se trouvent réparties inégalement dans les différentes membranes de l'enveloppe et, en particulier, dans l'assise protéique. Le germe en contient également, surtout le scutellum.

Les microbes qu'on trouve en très grand nombre et en très grandes variétés sur la surface extérieure de l'enveloppe et dans les poils, microbes véhiculés par la poussière, sécrètent, eux aussi, des diastases qui, pour la plupart, nuisent à la panification.

L'action des diastases est diverse.

Les unes, les diastases protéolytiques, commencent la dislocation moléculaire des protéines du gluten et lui font perdre sa résistance; d'autres ont des actions oxydantes qui fixent l'oxygène de l'air sur certaines matières contenues dans les farines, matières qui se colorent en brun et rendent le pain bis.

On voit, par ce qui précède, qu'il y a grand intérêt à écarter de la farine, au cours de la mouture, tous les débris de l'enveloppe et du germe qui peuvent contenir ces diastases.

La préparation et la mouture du blé comprennent cinq groupes d'opérations

Dans un moulin moderne, la préparation du blé pour la mouture et la mouture proprement dite comprennent cinq groupes d'opérations, résumées dans le tableau suivant :

corindon, muni à sa surface intérieure de rainures spéciales, à l'intérieur duquel tourne un autre cône en fonte, dont la surface extérieure est encore rainée. Le blé passe entre les deux cônes ; il est saisi par les rainures, dont la forme spéciale oblige le grain, pendant son parcours à travers la machine, à présenter

Premier groupe : NETTOYAGE	
OPÉRATIONS	APPAREILS
1. Enlèvement des gros déchets : ficelles, paille, grosses pierres, déchets légers, balle, etc.	<i>Séparateur tarare.</i>
2. Enlèvement des graines étrangères : orge, avoine, nielles, vesces, etc.	<i>Trieurs à alvéoles.</i>
3. Enlèvement du germe des poils du blé et de la poussière adhérente au sillon.	<i>Époin-teuse et brosse.</i>
4. Enlèvement de la terre adhérente au grain et des petites pierres.	<i>Laveuse épierreuse.</i>
5. Séchage et conditionnement du blé	<i>Essoreuse et conditionneur.</i>
Deuxième groupe : BROYAGE	
Broyages successifs pour réduire le grain en gruaux en produisant le minimum de farines.	<i>Moulins à cylindres cannelés.</i>
Troisième groupe : BLUTAGE	
Classification par ordre de grandeur et de propreté des gruaux et des farines provenant du broyage et du convertissage. Élimination du son.	<i>Plansichters.</i>
Quatrième groupe : SASSAGE	
Classification des gruaux par ordre de grandeur avant leur convertissage en farine. Épuration des gruaux par l'enlèvement des pellicules de son légères ayant traversé le blutage.	<i>Sasseurs à aspiration centrale.</i>
Cinquième groupe : CONVERTISSAGE	
Convertissages successifs des gruaux sassés en farine.	<i>Moulins à cylindres lisses.</i>

TABEAU INDICANT LES GROUPES D'OPÉRATIONS NÉCESSAIRES POUR LA PRÉPARATION ET LA MOUTURE DU BLÉ

Nous allons dire quelques mots de ces opérations.

Comment le blé est débarrassé mécaniquement de tout ce qui est impropre à la mouture

Les trois dernières opérations du nettoyage sont celles qui ont le plus progressé. L'enlèvement du germe, des poils du blé et de la poussière adhérente au sillon s'effectue généralement en deux fois : une fois avant le lavage, une fois après. La figure 2 représente une machine combinée époin-teuse et brosse, destinée à effectuer cette opération.

L'époin-teuse se compose d'un cône fixe, en fonte trempée ou en aggloméré à base de

successivement ses deux extrémités contre la surface intérieure du cône fixe. La machine possède un système de réglage qui permet d'enfoncer plus ou moins le cône mobile dans le cône fixe, c'est-à-dire de régler l'effet d'épointage.

Grâce à cette disposition, le travail n'est pas brutal ; le germe, au lieu d'être coupé en plusieurs parties, dont l'une resterait, en général, attachée à l'amande et se retrouverait dans la mouture, est ébranlé peu à peu et se détache en entier du grain. La pointe du blé à laquelle sont attachés les poils est, elle aussi, enlevée progressivement. Sous l'époin-teuse agit très énergiquement la brosse à cône. Les figures 3 et 4 sont des vues micro-

photographiques de déchets enlevés par l'époin-teuse et la brosse représentée par la figure 2. L'enlèvement de la terre et des poussières adhérentes au grain, ainsi que celui de petites pierres, doit être effectué très complètement, car la terre et la poussière véhiculent de nombreux microbes. C'est ainsi que, dans certaines farines produites dans de mauvaises conditions, nous avons pu dénombrer plus de 20.000 germes par gramme de farine examiné.

Le grain de blé nettoyé est ensuite lavé pour enlever les microorganismes nuisibles à la panification

Comme nous l'avons dit plus haut, certains de ces microorganismes sécrètent des diastases qui exercent, lors de la panification, un effet d'hydrolyse sur le gluten, qu'elles ramollissent et même putréfient quelquefois. Les farines contenant ces microorganismes ont un gluten mou qui s'allonge exagérément. Elles sont faibles et fixent moins d'eau à la panification.

L'opération de lavage du grain le débar-

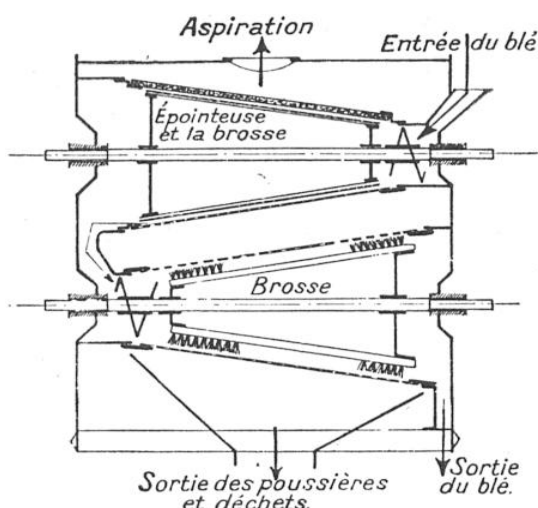


FIG. 2. — MACHINE COMBINÉE, ÉPOINTEUSE ET BROSSÉ, POUR LE NETTOYAGE DU BLÉ

rasse de la plus grande partie de ces micro-organismes, à condition, toutefois, que, par un brassage éner-gique, le blé soit lavé à grande eau.

Autrefois, on se contentait de projeter le blé dans un cuvier la-veur. Par la différence de densité, les pierres étaient précipitées au fond du cuvier et le blé, entraîné par le courant d'eau.

Le séjour du blé dans l'eau était forcément trop court pour réaliser un bon lavage. Dans les machines modernes, comme celle

représentée par la figure 5, le blé est saisi, à son arrivée dans la cuve, par une vis à palettes, qui le brasse énergiquement dans l'eau. Grâce à un dispositif spécial, les pierres et la terre se déposent au fond de la cuve, où elles sont évacuées par une vis. Puis, après le brassage, le blé est saisi par une vis transporteuse inclinée qui l'élève jusqu'à l'essoreuse, où il est débarrassé de l'eau qui l'entoure. Pendant son parcours dans la vis inclinée, il est encore rincé copieusement à l'eau propre. Cette machine perfectionnée ne consomme que 0 l. 5 à 1 litre d'eau par kilogramme de blé traité.

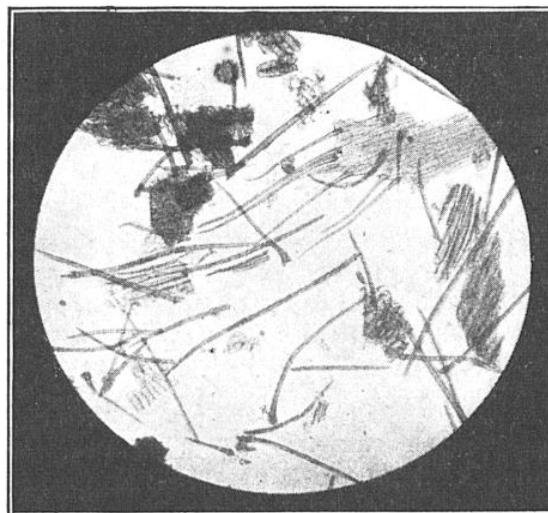
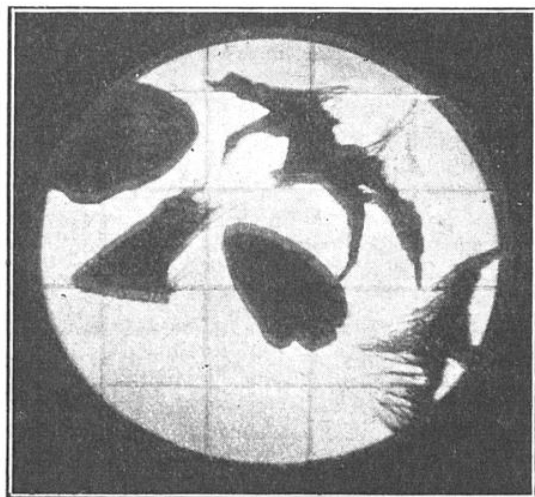


FIG. 3 ET 4. — VUES MICROPHOTOGRAPHIQUES DE DÉCHETS ENLEVÉS PAR L'ÉPOINTEUSE ET LA BROSSÉ, REPRÉSENTÉES SUR LA FIGURE CI-DESSUS

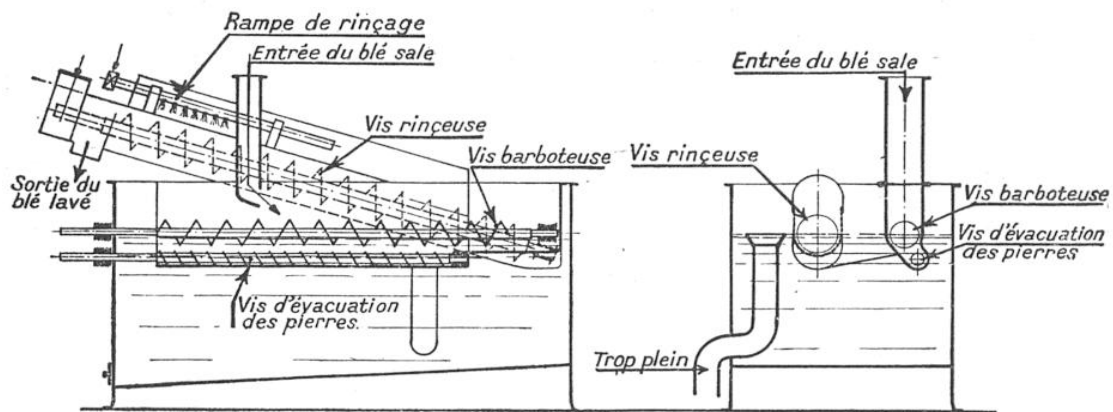


FIG. 5. — SCHÉMA DE LA MACHINE À LAVER LE BLÉ

Le blé, saisi par la vis rinçeuse, est brassé énergiquement dans l'eau. Les pierres et la terre tombent au fond et sont évacuées par une vis.

Avant la mouture, le blé doit être « conditionné »

Le conditionnement a pour but de mettre le grain dans l'état d'humidité le plus favorable à la mouture. Autrefois, on se contentait de mouiller le grain au degré voulu, de mélanger les différentes sortes de blé et de le laisser reposer dans des boisseaux pendant un temps qui variait, en général, de six à vingt-quatre heures, suivant les blés. Cette pratique est mauvaise, car, par suite du long repos du blé humide dans les boisseaux, l'eau et, avec elle, certaines diastases de l'enveloppe et du germe pénètrent à l'intérieur de l'albumen qu'elles endommagent. Les farines obtenues par ce procédé, surtout quand il s'agit de blés de pays, sont ternes et donnent un pain légèrement bis. Leur gluten, qui a subi un commencement d'attaque par l'action diastasique, est faible.

Dans la plupart des moulins modernes, on pratique le conditionnement par l'appareil « conditionneur », qui permet de supprimer, pour ainsi dire, le repos dans les boisseaux.

C'est là un des progrès les plus importants réalisés en meunerie. Le blé, au sortir du lavage, est chauffé rapidement et assez fortement par contact avec des radiateurs, dans lesquels circule de la vapeur ou de l'eau chaude. Quand son enveloppe a atteint une certaine température, le blé traverse un refroidisseur où une ventilation énergique le refroidit rapidement.

Le conditionneur (fig. 7) comprend : un compartiment de chauffage, un compartiment de refroidissement, un dispositif de réglage automatique pour l'entrée et la sortie du blé et une chambre d'aspiration.

Le compartiment de chauffage est composé d'une chambre parallélépipédique à l'intérieur de laquelle sont disposés des éléments de chauffage, placés les uns au-dessus des autres et dans lesquels circule

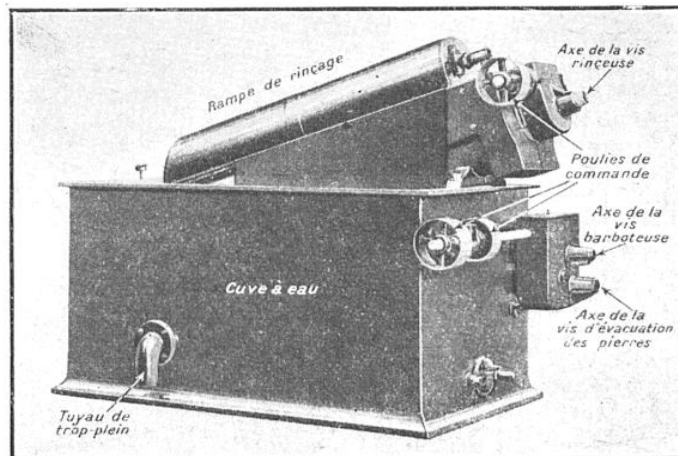


FIG. 6. — VUE GÉNÉRALE DE LA MACHINE CI-DESSUS

l'eau chaude. Le blé chemine dans l'appareil d'une façon ininterrompue de haut en bas. Pendant son parcours, tous les grains viennent successivement en contact avec les éléments et subissent l'effet de chauffage. Des canaux d'aspiration disposés à

travers la masse du blé permet d'aspirer l'excès de vapeur produit pendant l'opération de chauffage. Le compartiment de refroidissement comporte des cellules indépendantes les unes des autres, traversées par un puissant courant d'air, qui ramène la température du blé à peu près au même degré que celle qu'il avait en entrant.

Par le chauffage du grain au contact des éléments, la diffusion de l'eau dans l'écorce est considérablement accélérée. Sous l'action de la chaleur et de l'humidité, les matières renfermées dans les cellules des différentes membranes de l'écorce gonflent et se coagulent. Il se produit une dislocation intérieure, entre l'écorce et l'amande, qui favorise la séparation de ces deux éléments, l'écorce étant devenue plus élastique. Aussi les farines de blés conditionnés à l'appareil sont-elles, à égalité de pourcentage d'extraction, plus blanches que celles obtenues par le simple repos, parce que l'enveloppe étant moins friable se brise moins facilement au cours de la mouture. Ces farines contiennent, ainsi que nous avons pu le constater par des observations microscopiques, jusqu'à moitié moins de débris d'enveloppe que celles non conditionnées.

On a remarqué, d'autre part, que l'action diastasique des farines provenant de blés ainsi traités est moins forte que celle des farines conditionnées par la méthode ordinaire. Cette particularité tient à deux causes : 1° le moins grand nombre de débris d'enveloppe existant dans ces farines ; 2° le fait que les diastases de ces débris sont en partie rendues inactives, parce qu'elles se trouvent en quelque sorte emprisonnées par la coagulation et l'état de gel, créé par le chauffage, en présence d'eau, des diverses matières contenues

dans les cellules des membranes.

Le blé, au sortir du conditionneur, peut, suivant les cas, être mis directement en mouture ou subir un léger repos.

Les méthodes modernes pour la mouture du blé assurent un rendement en farine très élevé

Le broyage, le blutage, le sassage et le convertissage constituent la mouture proprement dite. Le plan de mouture, c'est-à-dire l'ordre dans lequel les différents passages dans les machines devront s'exécuter, le classement des différents catégories des produits obtenus après chaque opération et le choix des passages, celui des appareils de mouture ou de blutage, est appelé diagramme de mouture.

De la judicieuse étude du diagramme de mouture dépendent, autant que de la qualité de l'outillage employé, le rendement en farines et leur qualité.

Les progrès considérables réalisés depuis quelques années dans l'étude et l'établissement des diagrammes de mouture constituent, en quelque sorte, de nouvelles méthodes de mouture, qui ont permis d'atteindre des rendements en farine très élevés.

Ces nouvelles méthodes de travail exigent des moulins à cylindres d'une grande précision. Ces moulins doivent être pourvus d'un dispositif très précis de distribution des produits et à réglage automatique. On obtient ainsi une alimentation régulière des cylindres, qui réalise une mouture très progressive dans laquelle on attaque très légèrement les produits à chaque opération.

Les cylindres doivent être exécutés en fonte spéciale, de dureté bien appropriée et égale dans toutes les parties. L'usure est alors régulière et

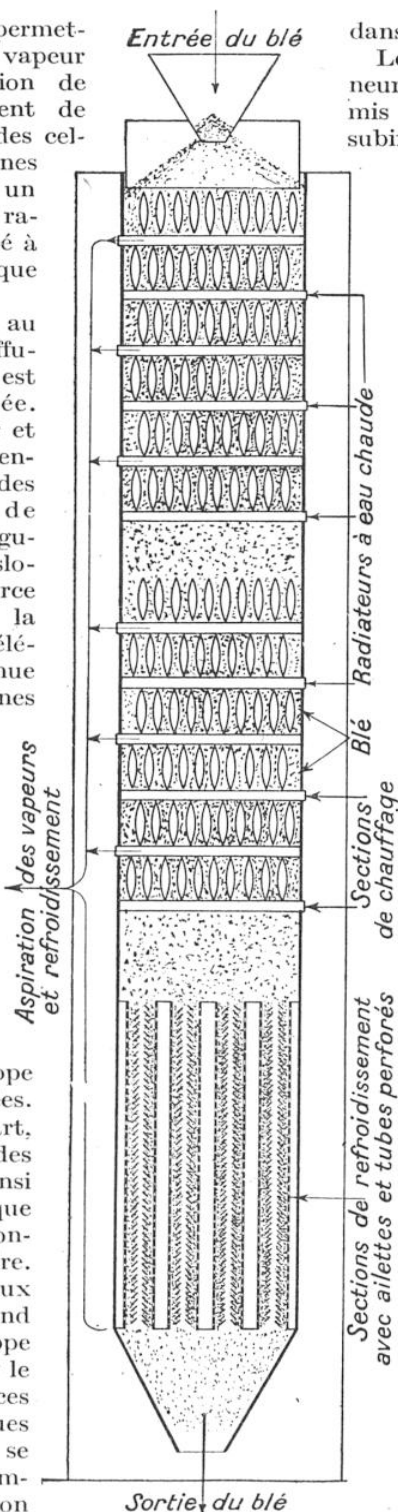


FIG. 7.
COUPE D'UN CONDITIONNEUR POUR LE BLÉ

ils restent parfaitement ronds et cylindriques ; on peut les approcher l'un de l'autre avec la plus grande précision.

Dans les moulins modernes, le classement des gruaux et le *blutage* se font sur « plan-sichters », c'est-à-dire sur bluteries planes.

Ces appareils comportent des tamis disposés les uns au-dessus des autres et reliés à un châssis suspendu. Celui-ci est mis en mouvement par un mécanisme très simple qui lui fait décrire une orbite circulaire autour des points de suspension. Ce mouvement détermine, dans la couche de matière recouvrant le tamis, une séparation par gravité des différents produits. Les plus lourds, les gruaux, descendent peu à peu à la partie inférieure de la couche, tandis que les sons, plus légers, restent à la surface. Par conséquent, seuls les bons produits parviennent au contact de la surface blutante constituée par une soie ou une toile métallique. Les débris de son traversent plus difficilement cette surface et, par conséquent, risquent peu de se mélanger aux farines.

Le *sassage* consiste à débarrasser les gruaux, au moyen d'un courant d'air, des pellicules légères de son qu'ils contiennent et qui ont été entraînées pendant le blutage. Le courant d'air est réglable, de sorte qu'il est possible d'assurer, par son intermédiaire, un sassage plus ou moins énergique.

Les sasseurs employés actuellement sont reliés à des installations centrales d'aspiration, et le réglage du courant d'air traversant les tamis peut être effectué avec une très grande précision, ce qui permet de régler à volonté l'effet de sassage.

Dans les moulins modernes, toutes les opérations que nous venons de décrire sont entièrement automatiques. Dès l'instant où le blé est déchargé des wagons de chemin de fer ou des bateaux pour être emmagasiné et conduit au nettoyage, jusqu'à celui où la farine est ensachée, aucune main-d'œuvre n'intervient. Cette automaticité, qui a pu être réalisée grâce à la perfection des appa-

reils et à la judicieuse étude des diagrammes de mouture, est la caractéristique du moulin moderne.

La maturation artificielle des farines se répand de plus en plus

Les farines ayant séjourné pendant trois à quatre semaines en magasin donnent un meilleur résultat à la panification que celles

fraîchement moulues. Elles absorbent plus d'eau au pétrissage et donnent un pain plus blanc. Cette amélioration, appelée « maturation », est due à des transformations chimiques qui s'opèrent dans la farine sous l'influence de l'humidité et de l'oxygène atmosphérique.

Mais, ce magasinage causant une immobilisation importante de capitaux, on a cherché et trouvé des procédés chimiques produisant artificiellement la « maturation ». Ils consistent à faire agir sur la farine des mélanges, très dilués, d'air et d'un gaz renfermant du chlore ou de l'azote en combinaison avec de l'oxygène. Aussitôt en contact avec la farine, le gaz se décompose et ses éléments se combinent avec certains sels et matières grasses contenus dans la farine.

Le chlore et l'oxygène étant des oxydants très énergiques, la maturation est, pour ainsi dire, instantanée, et les farines ainsi traitées peuvent être employées immédiatement après la mouture. Elles absorbent plus d'eau au pétrissage et fournissent, en général, des pains d'un volume supérieur à ceux que l'on obtient avec les farines ayant subi le magasinage. En outre, la plupart des farines ainsi traitées, surtout les farines basses fortement teintées, subissent, en général, un blanchiment assez prononcé dû à la combinaison du gaz employé avec une substance colorée contenue dans les matières grasses de la farine : le carotène. Cet effet de blanchiment permet d'utiliser un pourcentage plus élevé de ces farines et, par conséquent, d'augmenter le rendement du moulin.

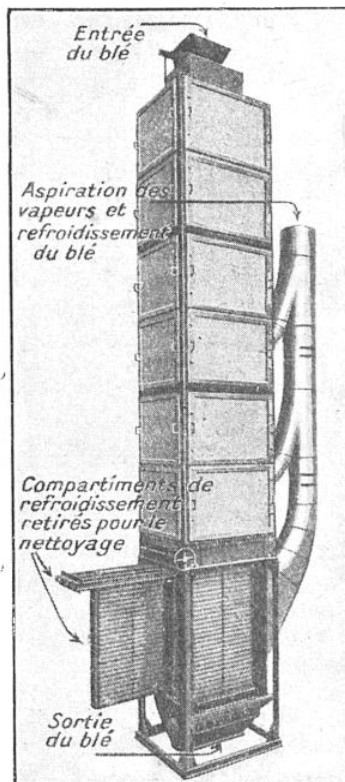


FIG. 7 BIS. — VUE EXTÉRIEURE DU CONDITIONNEUR REPRÉSENTÉ EN COUPE A LA PAGE CI-CONTRE

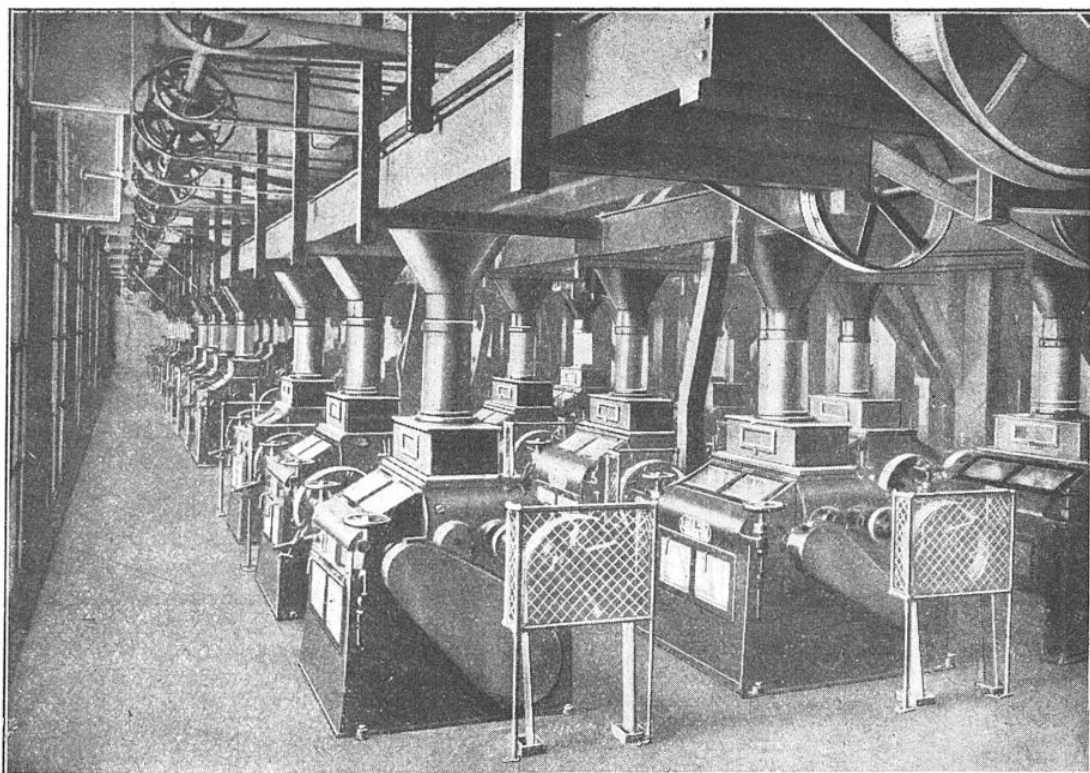


FIG. 8. — VUE D'ENSEMBLE D'UNE SALLE DE MOULINS A CYLINDRES POUR LA MOUTURE DU BLÉ

La figure 9 représente quatre pains obtenus avec la même farine. Les deux pains de gauche sont faits avec la farine traitée par la maturation artificielle, ceux de droite avec la farine non traitée.

Comme on peut s'en rendre compte, la maturation artificielle a apporté une amélioration sensible au gluten et à la couleur de la farine traitée. Les deux pains de gauche ont un plus grand volume et une teinte plus claire que ceux de droite.

La distribution du gaz employé ainsi que son mélange avec la farine, s'opèrent, dans ces procédés de maturation artificielle, au moyen d'appareils très simples, mais capables de doser exacte-

ment des quantités très minimes de gaz.

La maturation artificielle des farines se répand de plus en plus dans la meunerie moderne, et, d'ici peu, étant donné les avantages qu'elle présente au point de vue de la panification, tous les moulins l'emploieront.

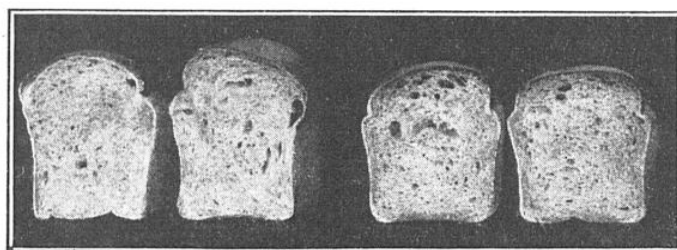


FIG. 9. — VOICI QUATRE PAINS FABRIQUÉS AVEC LA MÊME FARINE

Ceux de gauche sont faits avec la farine ayant subi la maturation artificielle; ceux de droite, plus lourds, moins levés, plus gris, avec la même farine non traitée.

de facteurs, dont le rôle n'est pas encore complètement défini.

Suivant la qualité de la farine, sa plus ou moins grande propreté, la température du

Un contrôle rigoureux de la fabrication est indispensable dans un moulin moderne

La panification constitue, au point de vue biochimique, un problème complexe dans lequel interviennent un grand nombre

fournil, la qualité de l'eau employée au pétrissage, le temps pendant lequel la farine repose après le pétrissage, etc... la pâte se comporte plus ou moins bien au cours de la fermentation et de la cuisson du pain.

Pour déterminer les conditions dans lesquelles une farine fournira les meilleurs résultats à la panification, le boulanger procède par tâtonnements. Il importe donc, pour lui éviter de recommencer ces tâtonnements à chaque livraison, de lui fournir une farine de qualité toujours semblable, ce qui n'est possible qu'en procédant au moulin à un contrôle rigoureux de la fabrication.

Des appareils précis et ingénieux permettent d'exercer ce contrôle

Le contrôle au moulin doit s'exercer sur la qualité des blés mis en mouture ; sur la bonne utilisation de ces blés, c'est-à-dire sur le taux d'épuisement des issues (sons gros et fins, remoulage, etc.) ; enfin, sur la qualité des farines produites.

Les blés sont contrôlés au point de vue de leur poids spécifique, pourcentage de déchets et corps étrangers qu'ils contiennent, teneur en gluten et humidité. On détermine le poids spécifique avec la balance à céréales représentée par la figure 10. Le pourcentage de déchets est évalué au moyen d'un trieur composé d'une plaque de zinc rectangulaire dans laquelle sont fraisés des alvéoles de dimensions appropriées. On déverse cent grammes du blé à essayer sur ce trieur, auquel on imprime à la main un mouvement de va-et-vient. Les corps étrangers sont retenus dans les alvéoles.

Pour déterminer l'humidité des blés, on utilise l'étuve

balance, représentée par la figure 11, qui, en vingt minutes, donne le pourcentage par lecture directe.

La bonne utilisation des blés peut être contrôlée par la mesure de la quantité de farine adhérente aux sons et remoulages. M. Arpin, le distingué chimiste du Syndicat de la Boulangerie, à Paris, a, récemment, trouvé une méthode nouvelle qui rend de grands services pour effectuer cette mesure.

Quant au contrôle des farines, il a pour but de rechercher leur valeur boulangère, c'est-à-dire leur aptitude à fournir un rendement élevé en pain et à donner des pains bien levés. Cette valeur boulangère dépend de la quantité de gluten contenue dans la farine et surtout de la qualité de ce gluten. Aussi, les

essais de farines qu'on effectue en général ont-ils pour objet la détermination du pourcentage de gluten à l'état sec et humide et l'évaluation de sa qualité.

Ce genre d'essai présente l'inconvénient de ne fournir des résultats qu'au bout de vingt-quatre heures, c'est-à-dire à un moment où la farine est déjà en magasin et souvent même livrée au boulanger. D'autre part, l'évaluation de la qualité du gluten est délicate et nécessite une grande

expérience.

En vue de remédier à ces inconvénients, on a cherché et trouvé des appareils simples, pouvant être mis dans les mains de personnes même inexpérimentées, et permettant d'évaluer, dans un délai très court, la valeur boulangère d'une farine. La figure 12 représente un de ces appareils. Le prin-

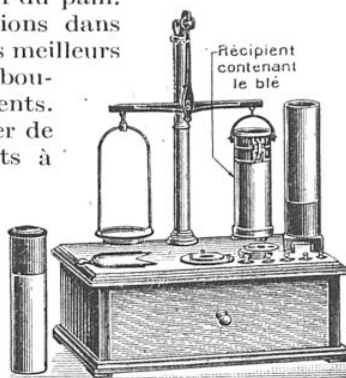


FIG. 10. — UNE BALANCE A CÉRÉALES POUR DÉTERMINER LE POIDS SPÉCIFIQUE DU BLÉ

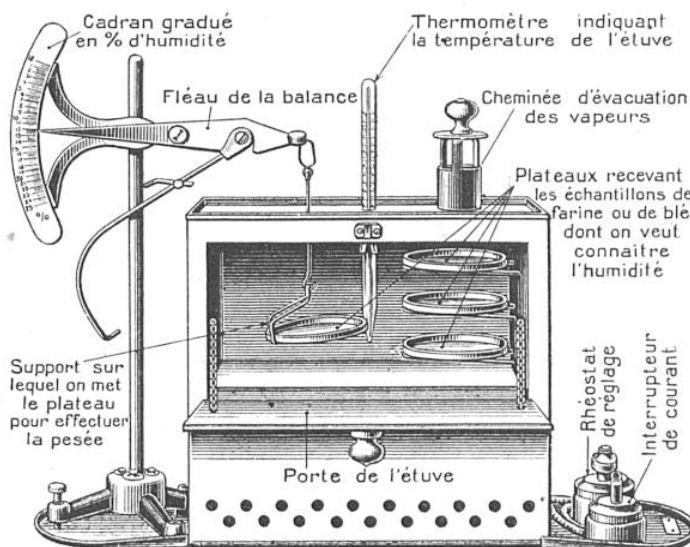


FIG. 11. — BALANCE-ÉTUVE PERMETTANT DE LIRE DIRECTEMENT L'HUMIDITÉ DU BLÉ

cipe de son fonctionnement est le suivant :

Un pâton, fabriqué dans certaines conditions avec la farine à essayer, est comprimé au moyen d'une presse spéciale, pour en former une éprouvette d'épaisseur déterminée. Cette éprouvette est étirée jusqu'à rupture, par emboutissage, sur un poinçon de forme spéciale. La valeur de la résistance

se contentait de moudre le blé dans des appareils très grossiers et ne pouvait donner qu'un faible rendement. Nous avions alors du blé en abondance et la question ne présentait pas le même intérêt qu'aujourd'hui. Notre récolte de blé de 1926 a présenté un déficit qui n'a pu être compensé que par l'importation de blés exotiques. Grâce aux

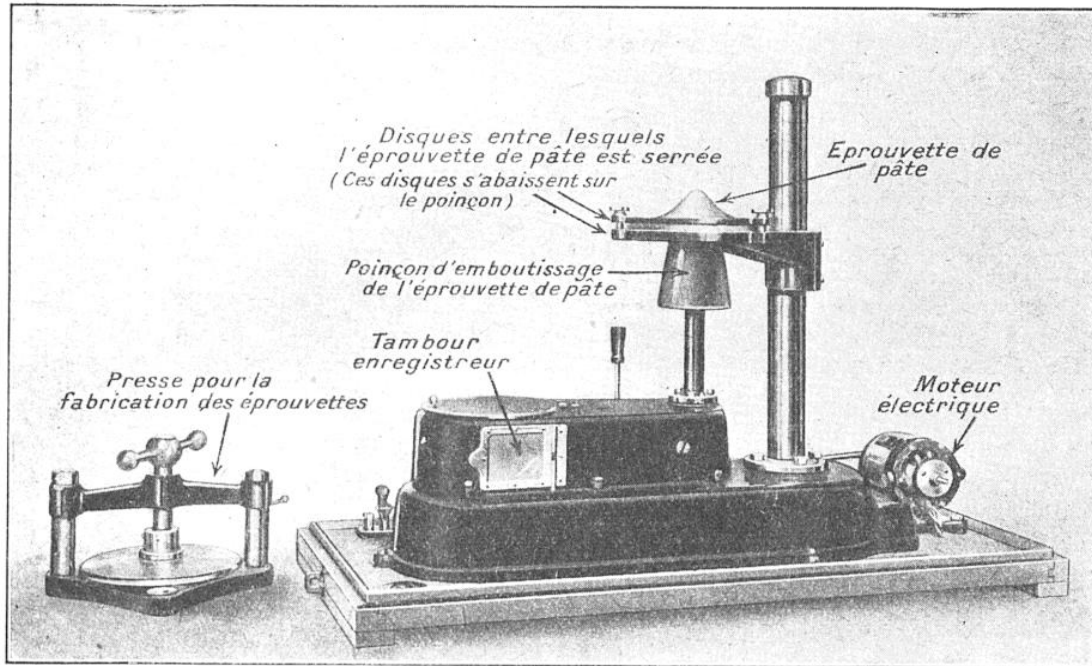


FIG. 12. — APPAREIL PERMETTANT DE SE RENDRE COMPTE DE LA VALEUR BOULANGÈRE D'UNE FARINE

Une éprouvette de pâte, préparée avec la presse visible à gauche, est étirée jusqu'à sa rupture sur un poinçon de forme spéciale. La valeur de la résistance et la surface atteinte par l'éprouvette sont enregistrées automatiquement suivant une courbe qui représente, en quelque sorte, l'identité de la farine employée. Grâce à ces courbes, le meunier peut suivre exactement sa fabrication.

et la surface atteinte par l'éprouvette sont enregistrées automatiquement, au cours de l'essai, par un enregistreur qui fournit ainsi la courbe de la farine. Cette courbe, qui peut être conservée, constitue un document qui permet au meunier de suivre sa fabrication d'une manière parfaite.

La meunerie est une industrie scientifique

Toutes les opérations que nous venons d'énumérer, nous montrent combien nous sommes loin de la meunerie d'autrefois, qui

recherches constantes des savants et des industriels, on sait aujourd'hui utiliser au maximum le blé que nous produisons. C'est une œuvre d'une importance capitale, puisqu'elle nous permet de diminuer les importations, en tirant de notre blé le maximum de farine panifiable. L'industrie de la meunerie a donc fait, grâce à la science, d'énormes progrès, surtout en France, où se trouvent actuellement les plus grands moulins existant en Europe, dont certains écrasent journellement plus de 10.000 quintaux de blé.
E. BOUVIER.

LE X^e SALON DE L'AÉRONAUTIQUE PERMET DE DÉGAGER LES TENDANCES ACTUELLES DE L'AVIATION

Par C. MARTINOT-LAGARDE

INGÉNIEUR EN CHEF DE L'AÉRONAUTIQUE

Depuis le dernier Salon de 1924, dont nous avons rendu compte dans les numéros de mars et juillet 1926, l'Aéronautique a continué son irrésistible marche en avant. Sa devise reste : toujours plus haut (on est monté à 12.400 mètres), toujours plus vite (le record de vitesse pure, sur 3 kilomètres, de 440 kilomètres à l'heure n'a pas été dépassé, mais on a atteint, sur 2.000 kilomètres, la vitesse moyenne de 248 kilomètres) et, enfin, toujours plus loin (partant de Paris, on a atteint, en un seul vol en ligne droite sans escale, Djask, à 5.425 kilomètres de distance). Ces nouveaux records mondiaux sont détenus, en 1926, par l'Aéronautique française. En outre, du matériel français a été utilisé à l'étranger pour effectuer de magnifiques raids à travers le monde. Le X^e Salon a permis à tous, Français et étrangers attentifs, de voir de près le matériel utilisé pour de telles prouesses. A côté des avions français figuraient aussi les matériels étrangers, anglais, hollandais, italien, norvégien, tchécoslovaque, etc., et, sans partialité, on peut affirmer que la construction française figure au premier rang dans la technique aéronautique. Mais si cette technique française est particulièrement appréciée de tous, il est cependant à souhaiter que notre aviation commerciale ne se laisse pas distancer — quant à son développement et à son organisation — par celle des autres pays. A ce point de vue, nous avons montré (1) l'effort accompli et les résultats obtenus par certains pays de l'ancien et du nouveau monde. Nous nous proposons de poursuivre ces études documentaires et impartiales, grâce aux enquêtes que nos collaborateurs ont su mener à bonne fin.

Comment on a pu suivre au Grand Palais l'évolution de la navigation aérienne, de ses origines à nos jours

C'EST par l'Exposition de la Direction de l'Aéronautique que nous commencerons et que nous finirons, car elle nous montre, d'abord, en des schémas simples et parlants, l'évolution de l'aviation, le fonctionnement des avions et leur construction, et, enfin, les statistiques sur l'industrie aéronautique et la navigation aérienne.

Des dioramas évoquent les principaux faits et les grands noms de l'histoire de l'Aéronautique, de Léonard de Vinci à Wright, le premier saut de l'avion Ader, sur avion à vapeur, le premier bond de Santos-Dumont, le premier kilomètre bouclé par Farman, la traversée de la Manche par Blériot ; un livre géant, dont les pages s'ouvrent d'elles-mêmes, montre les principales machines volantes, cerfs-volants de toute forme, établis depuis le xv^e siècle pour la conquête de l'air. Grâce au moteur à explosion, l'avion a pu naître il y a vingt

(1) Voir *La Science et la Vie*, n^{os} 109, 113, 114.

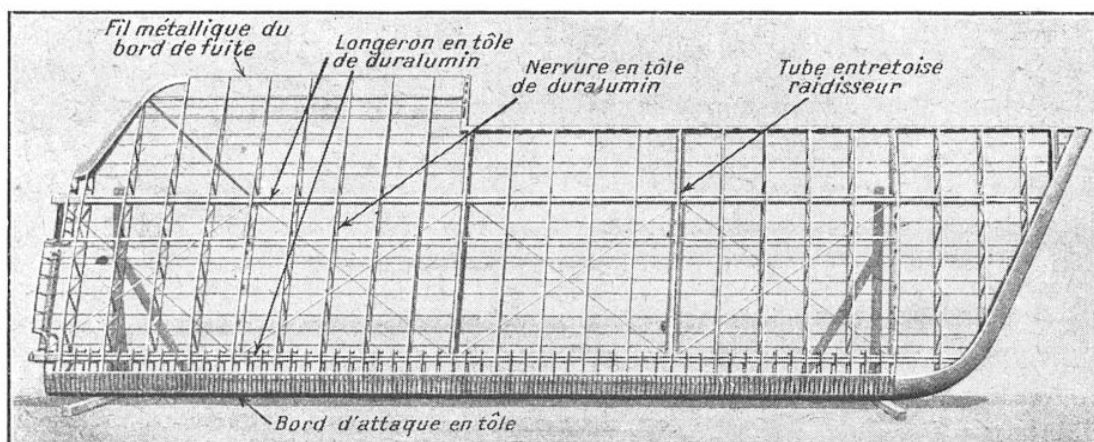
ans à peine. Monoplan et biplan ont été, dès le début, les solutions adoptées, qui sont encore suivies, mais avec combien de changements et de progrès ! On les constate sur les maquettes exposées, depuis le Blériot monoplan à ailes minces, profondes et creuses et le cerf-volant de Voisin, jusqu'au monoplan Bernard-Ferbois, à aile semi-épaisse, sans hauban ni contre-fiche.

C'est grâce aux recherches aérodynamiques et à l'étude de la mécanique de l'avion, patiemment poursuivies dans tous les pays, que l'on a pu parvenir au type actuel de l'avion moderne.

Les matériaux de construction sont variés, mais tendent vers l'unification

La légèreté, qualité primordiale de l'avion, limite le nombre des matériaux utilisables pour sa construction ; trois restent employés ; ce sont, par ordre d'ancienneté : le bois, l'acier spécial, le duralumin.

Le bois. — Le bois permet la construction la plus légère et la moins chère, la plus facile à établir et à réparer avec un outillage simple ; le bois se conserve pendant plusieurs

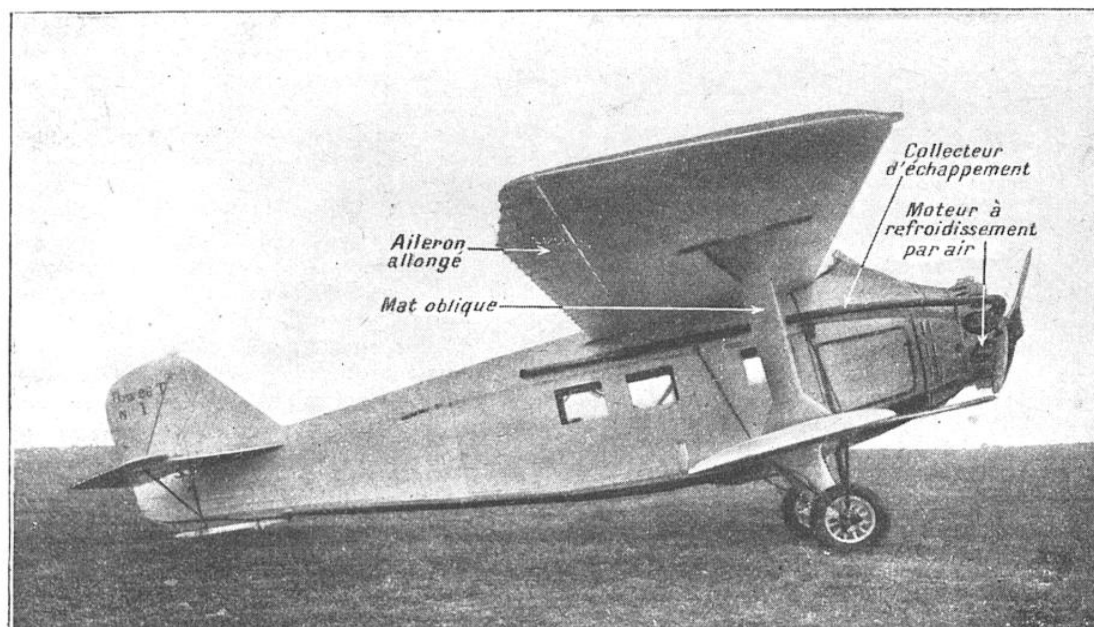


LES ALLIAGES LÉGERS SONT DE PLUS EN PLUS EMPLOYÉS EN AVIATION

Cette carcasse d'aile métallique montre comment sont répartis les divers éléments qui en assurent la résistance.

années, à condition d'être bien débité et soigneusement verni. Au moyen de bandes de tulipiers enroulées en hélice rendues adhérentes par une colle antiseptique et entoilées, on construit des coques monolithes ; sous forme de bois creux, avec parties assemblées et collées, on établit des pièces

suffisamment résistantes même pour les plus gros avions ; sous forme de contreplaqué, le bois peut constituer des revêtements d'aile ou de fuselage. Le bois a contre lui de ne pas être un produit homogène, de se modifier avec la durée du stockage et, par suite, de ne pouvoir être approvisionné



AVION LIMOUSINE BRÉGUET DE TRANSPORT COMMERCIAL

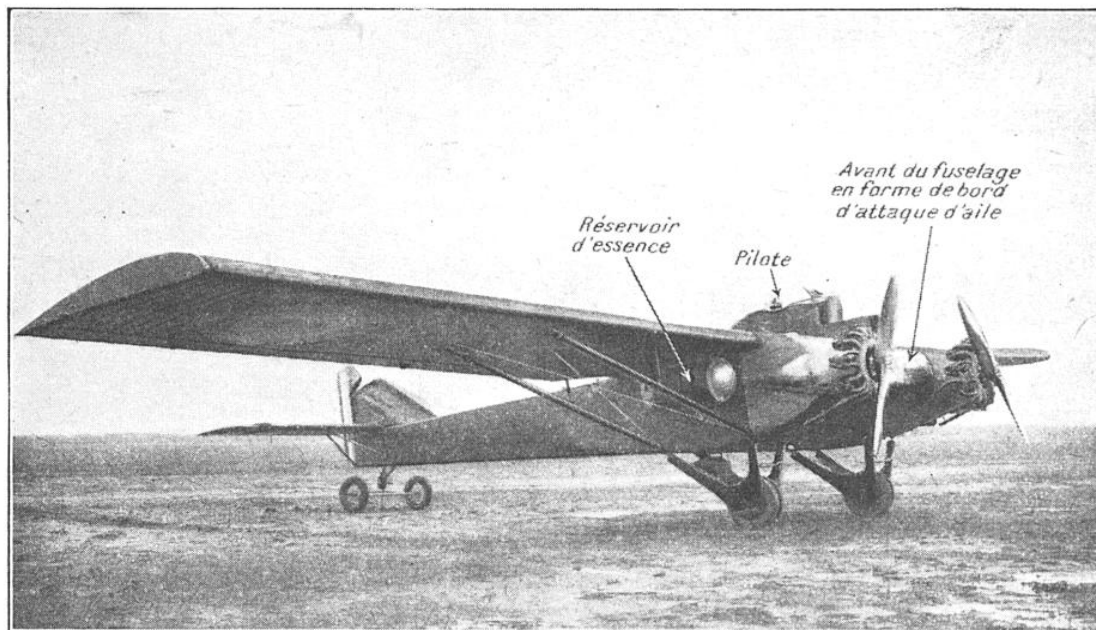
Cet avion peut être équipé soit avec un moteur Jupiter 420 C. V., à refroidissement par air, soit avec un moteur Lorraine-Dietrich ou Hispano 450 C. V., à refroidissement par eau. La cabine, derrière le poste de pilotage, mesure 1 m 80 de haut sur 1 m 75 de large, et comprend huit fauteuils. Une cloison pare-feu étanche sépare le pilote du moteur. Deux soutes à bagages de 2 m³ 5 sont prévues à l'avant et à l'arrière. Outre la porte d'entrée, la cabine comporte une porte de secours et un panneau pouvant s'ouvrir sur le toit.

longtemps à l'avance ; pour obtenir de grandes longueurs, il faut avoir recours au spruce d'Amérique, à la fois léger et sans nœuds, qui n'est malheureusement pas un produit national.

L'acier spécial. — On désigne ainsi un acier auquel on a incorporé de faibles fractions, de 1 à 5 %, de métaux étrangers, nickel, chrome, pour augmenter à la fois sa résistance et son élasticité. Il conduit

limètre carré), avec une densité trois fois moindre environ. La construction en duralumin présente les avantages de toutes les constructions mécaniques pour la fabrication en série au moyen de machines. On peut en constituer à l'avance d'importants approvisionnements.

Enfin, l'aluminium est un produit essentiellement français, grâce aux immenses gisements de bauxite que possède notre



MONOPLAN QUATRE PLACES DYLE ET BACALAN, DESTINÉ AU BOMBARDEMENT DE NUIT, MUNI DE DEUX MOTEURS JUPITER DE 420 C. V.

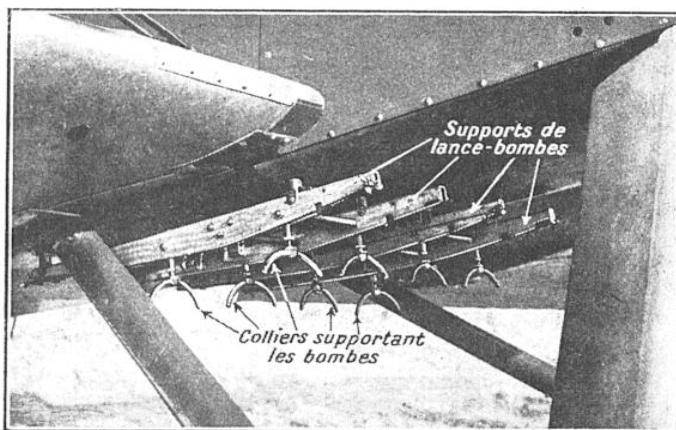
Remarquer, au centre, le corps central en forme d'aile où sont logés les réservoirs d'huile, le lance-bombes, ce qui diminue la résistance à l'avancement. Envergure, 25 mètres ; poids à vide, 3.150 kilogrammes ; en charge, 5.600 kilogrammes ; vitesse, 180 kilomètres à l'heure ; plafond, 6.000 mètres.

encore à une construction trop lourde pour établir les poutres et caissons creux utilisés en aviation, du fait que les épaisseurs de tôle qui seraient strictement nécessaires pour résister aux efforts prévus, doivent être augmentées pour éviter des voilements ou des plissements locaux. L'acier est ainsi réservé à certaines pièces de fatigue et à des assemblages.

Le duralumin. — La construction métallique française est en alliage léger d'aluminium, de cuivre et d'un peu de magnésium, genre duralumin, alferium. Cet alliage acquiert progressivement, en trois ou quatre jours environ, après une trempe à 475° consécutive au laminage, la résistance de l'acier doux (38 à 40 kilogrammes par mil-

pays. Aussi le duralumin entre maintenant dans la construction de la majorité des avions ; on commence même à en revêtir les ailes (Schneider, Wibault). Quand on aura mis au point un vernis protecteur tout à fait efficace contre les intempéries et surtout l'eau de mer, on pourra disposer de machines ne nécessitant plus, pour les abriter en voyage ou en campagne, de hangars coûteux.

Certains perfectionnements d'organes ont amélioré avions et hydravions. — En dehors de la cellule elle-même, les perfectionnements ont porté, en particulier, sur les atterrisseurs et les hélices ; on constate une tendance à la suppression des essieux, qui sont gênants pour le lancement des bombes dans les avions militaires et augmentent les risques



INSTALLATION D'UN LANCE-BOMBES SUR AVION POTEZ 25

de capotage dans les hautes herbes ou les cultures ; parallèlement, des amortisseurs apparaissent pour limiter les rebondissements ; aux longs sandows en couronne élastique se substituent des faisceaux d'éléments d'extenseurs, faciles à remplacer. L'hélice métallique (Levasseur, Reed), constituée par une plaque d'aluminium convenablement usinée, déjà présentée en 1924, se perfectionne dans son mode de fixation au moyeu, en vue de supprimer tous les trous de boulon non indispensables, qui risquent d'affaiblir localement la pièce ; la Société « le Duralumin Français » présente la plus grande hélice du monde, dont le moyeu est forgé en un seul bloc avec les pales, et d'un diamètre de 6 m 50 environ, qui serait capable de freiner un moteur de 4.000 C. V.

L'hélice métallique, plus résistante que l'hélice en bois au point de vue des effets de la force centrifuge, permet de pousser plus loin les vitesses et les puissances des moteurs ; il est plus facile avec le métal qu'avec le bois d'obtenir des formes ayant le meilleur rendement ; mais le poids est encore légèrement supérieur, et les soins à apporter à la fabrication sont tels que le prix de revient est plus élevé. Les deux systèmes sont encore employés parallèlement.

Les hydravions sont, soit à *coque centrale*, complétée par deux petits flotteurs (Schreck, Besson, Lioré Olivier) sous les ailes, soit à *flotteurs latéraux* dits en « catamaran », mis à la place des roues du train d'atterrissage (Bréguet, Farman, etc.). La coque centrale, de construction

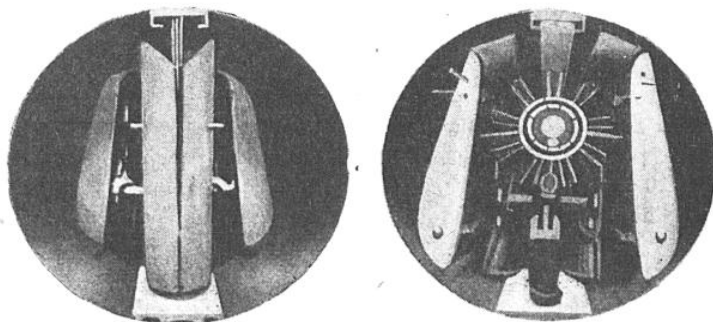
un peu plus coûteuse, est plus robuste, permet une navigation plus facile, surtout en remorque ; le fond de la coque a une forme « amortie », c'est-à-dire présente un léger V transversal, pour éviter, à l'amerrissage, les chocs durs contre les lames, qui se produisent avec les fonds plats. Mais comme ces derniers favorisent le « déjaugage », c'est-à-dire le soulèvement de la coque jusqu'à ce qu'elle affleure la surface de l'eau, on ne prend pas d'inclinaison supérieure à 10°, en France du moins ; un redan, placé un peu en arrière du centre de gravité de l'hydravion pour éviter les balancements au départ, facilite le déjaugage. Les coques, en général en bois, comportent des compartiments étanches.

La majorité des hydravions à coque centrale sont amphibies, c'est-à-dire sont dotés d'un train de roues qu'on peut relever ou abaisser à volonté, pour amérir ou atterrir (Schreck).

A chaque mission correspond un type d'avion

Les avions marchands. — Tous les avions exposés paraissent pour la première fois et ont été construits depuis le Salon de 1924. L'expérience acquise pendant ces dernières années a permis de déterminer leurs caractéristiques générales d'emploi et de les classer en deux catégories :

1° L'avion postal, de 800 à 1.000 kilogrammes environ de charge commerciale — soit six ou huit passagers et le combustible pour cinq heures de marche — de vitesse maximum égale à 200 kilomètres, de façon à avoir une vitesse commerciale de 160 à 170 kilomètres ; une puissance de 400 à



UNE CURIOSITÉ DU SALON DE L'AÉRONAUTIQUE

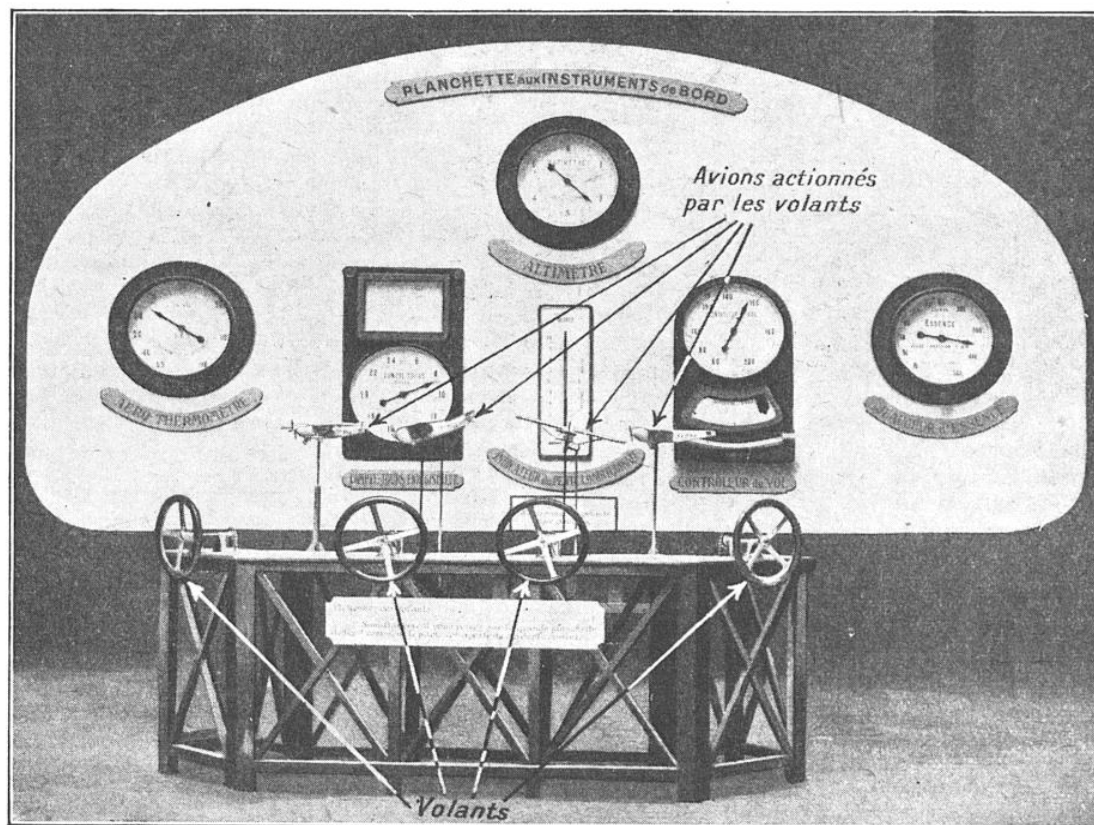
L'hydravion Besson replié peut être placé dans un tube qui se loge dans un sous-marin.

500 C. V., habituellement fournie par un seul moteur, est nécessaire (Béchereau, Bréguet, Farman, Levasseur).

2^o L'avion à plus grande capacité, 2.000 à 3.000 kilogrammes de charge utile, douze à dix-huit passagers, destiné aux longs parcours internationaux, au survol d'obstacles importants, naturellement multi-

de navigation pour maintenir notre rang.

Avions de chasse monoplace, avion record d'altitude. — Ces avions doivent avoir un armement puissant, un plafond très élevé, une grande maniabilité à toutes les altitudes, la plus grande vitesse possible ; ils doivent assurer au pilote le maximum de visibilité ; la mitrailleuse tirant à travers l'hélice, le



UN TABLEAU PARTICULIÈREMENT SUGGESTIF DES APPAREILS DE BORD D'UN AVION
Les visiteurs du Salon pouvaient, en actionnant les volants, faire prendre aux avions-maquettes des déplacements qui étaient traduits immédiatement sur les appareils que le pilote a constamment sous les yeux.

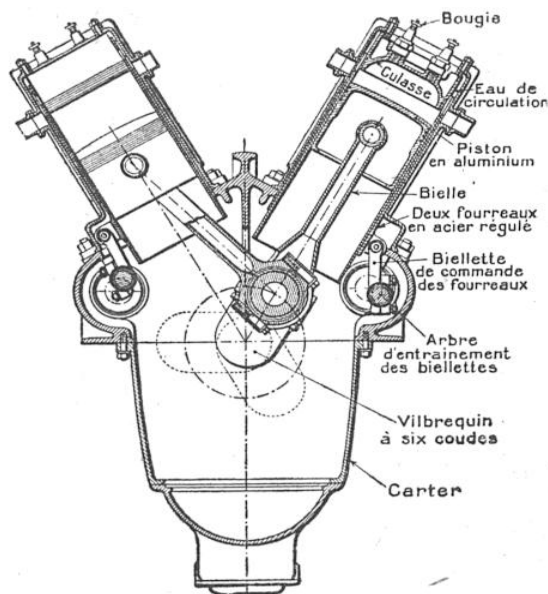
moteur (1.000 à 1.200 C. V., Amiot, Blériot).

Dans les hydravions figurent le tri-moteur Besson (moteur Jupiter, 420 C. V.), à construction en bois, monoplan, parasol, à coque centrale ; le penta-moteur Penhoët (1).

On voit ainsi naître de véritables avions marchands, à cabine aménagée d'une façon confortable et pratique, aérée et chauffée, décorée sobrement mais avec goût. C'est dans cette voie que la concurrence avec l'étranger est la plus dure et qu'il n'est pas trop de l'effort combiné des pouvoirs publics, des constructeurs et des compagnies

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 112, page 288.

pilote vise en manœuvrant son avion et échappe aux balles de l'adversaire par la rapidité de ses évolutions ; cela entraîne la nécessité d'une puissance élevée, d'une forme très ramassée, avec un seul moteur, pour pouvoir tourner dans un faible rayon, d'une construction très robuste, en même temps que très légère, pour résister aux violents efforts dus aux vitesses vertigineuses des piqués, qui dépassent 400 kilomètres à l'heure, et aux redressements, « aux ressources » brusques qui les suivent : dans les piqués, l'aile ne porte plus rien, mais elle subit, en avant, sous son bord d'attaque, des



COUPE TRANSVERSALE DU MOTEUR PANHARD-LEVASSOR SANS SOUPAPE

pressions très élevées et, en arrière, une dépression importante, d'où il résulte une tendance violente à sa torsion ; dans « les ressources » brutales, la charge supportée par les ailes peut être plus que sextuplée.

Pour juger des grands progrès réalisés, il faut tenir compte des difficultés que présente la conciliation des caractéristiques ci-dessus ; la puissance de 300 C. V. est ainsi devenue insuffisante et tous les modèles présentés utilisent des moteurs de 420 à 500 C. V. : Hispano, Jupiter, Lorraine, Renault, Salmson ; les vitesses des Bernard, Blériot, Gourdon, Nieuport, Wibault, atteignent 250 à 270 kilomètres et l'altitude de 5.000 mètres est atteinte en une douzaine de minutes.

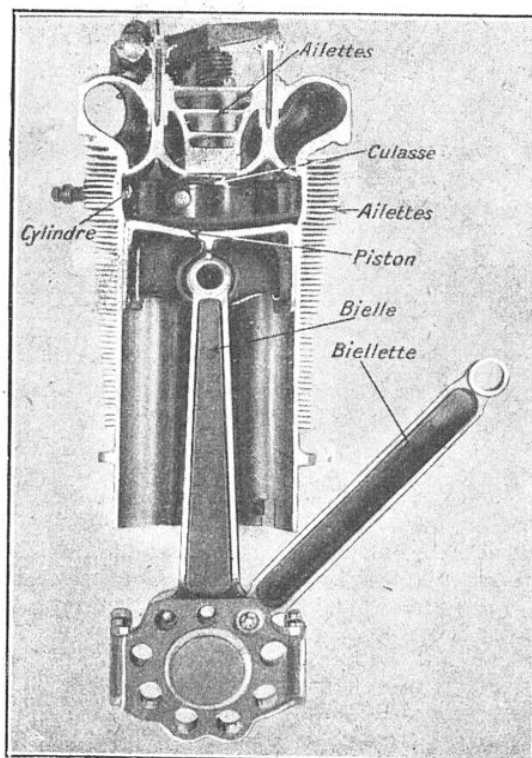
L'avion Spad, à moteur Lorraine 450 C. V. suralimenté par le turbo-compresseur classique Rateau, qui s'est attribué le nouveau record d'altitude à 12.442 mètres, est dérivé de l'avion de chasse de même type.

Avions militaires biplaces, avions de raids. — Ces avions comprennent les avions de combat, de jour et de nuit, et d'observation. Ils sont largement et brillamment représentés (Aviméta, Béchereau, Bréguet, Caudron, Descamps, Levasseur, des Mureaux, Potez, Villiers, 420-500 C. V.) et certains ont remporté des succès mondiaux non encore dépassés.

Les avions de grands raids : Bréguet, Potez, dérivent des précédents par une légère augmentation de la surface — 2 ou 3 mètres

carrés. Dans ces appareils, toute la charge disponible, en dehors de l'équipage, qui comprend deux pilotes capables de se relayer au cours des vingt-six ou trente-trois heures que dure le voyage sans arrêt, et un équipement réduit au strict minimum, est prise par le combustible et l'huile ; on porte cette charge à la valeur maximum compatible avec la résistance de construction de l'avion et la possibilité de s'enlever du terrain à une vitesse suffisante pour la sécurité du vol. Le meilleur avion est ainsi celui qui est à la fois le plus fin, le plus léger et le plus solide, et dont l'hélice a le meilleur rendement, d'une part au décollage, d'autre part à l'allure de croisière. La première condition donne une certaine supériorité aux moteurs comme le Renault et le Farman 500 C. V., qui sont dotés d'un démultiplicateur et, par suite, d'une plus grande hélice, et qui se sont successivement attribué les records provisoires de distance de Paris-Bassorah, 4.300 kilomètres, et Bender-Abbas, 5.200 kilomètres.

Le record définitif est resté cependant au Bréguet 19, doté d'un moteur Hispano 500 C. V., à prise directe, un peu plus léger, avec Paris-Djask, à 5.400 kilomètres, en



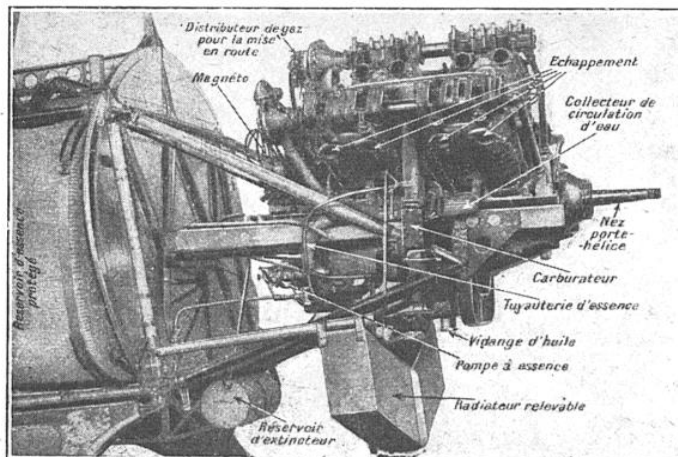
COUPE D'UN CYLINDRE DE MOTEUR GNOME-RHÔNE-JUPITER A REFROIDISSEMENT PAR AIR

trente-deux heures de vol. Pour permettre de pareils raids, il est nécessaire de déterminer à l'avance, avec toute la précision possible, l'allure la plus économique pour le moteur, en tenant compte de la finesse et du poids de l'avion et de l'altitude qu'on cherche à maintenir aussi constante que possible ; la quantité d'essence emportée est de 2.800 à 3.500 litres.

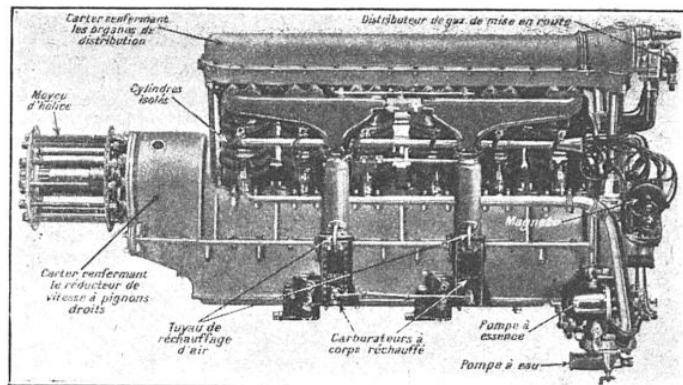
Avions militaires multiplaces, gros porteurs. — On a cherché, dans ces avions, à augmenter parallèlement la charge utile et le rayon d'action. La puissance est, naturellement, augmentée de 650 à 1.000 C. V. : Lioré Olivier et Farman bimoteurs, SECM monomoteur ; Dyle et Bacalan a établi un nouveau modèle, grand monoplan à ailes épaisses et fuselage central profilé à l'avant comme une aile et qui permet l'accès au moteur en cours de vol. L'établissement de tels engins est très coûteux et difficile, et fait honneur à nos industriels, qui comptent maintenant parmi eux nos grandes sociétés de construction maritime et mécanique.

Un coup d'œil sur les hydravions

Le ministère de la Marine expose, à côté l'un de l'autre, le petit hydravion de bord Besson 120 C. V., *repliable* dans une remorque ou dans un tube cylindrique, susceptible d'être emporté à bord d'un sous-marin,



MOTEUR LORRAINE-DIETRICH 450 C. V. SUR BRÉGUET 19
C'est le moteur à 12 cylindres qui, suralimenté par un turbo-compresseur Rateau, a permis à Calizzo d'atteindre 12.400 mètres d'altitude.



MOTEUR RENAULT 700 C. V. A 12 CYLINDRES
Ce moteur comporte un réducteur de vitesse de rapport un demi ou un tiers pour la commande de l'hélice.

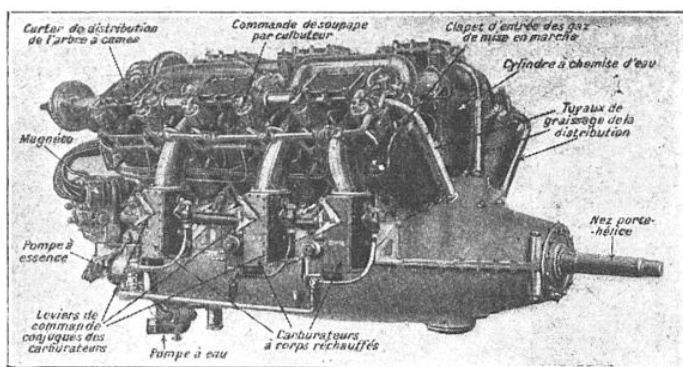
et l'hydravion Farman-Goliath, à deux moteurs Jupiter 400 C. V., qui porte sous un fuselage une torpille contre les cuirassés.

Le même stand contient deux maquettes intéressantes : 1^o celle du navire *porte-avions Béarn*, doté d'un pont supérieur de 150 mètres de long sur 20 mètres de large environ, qui peut servir de terrain de départ et d'atterrissage aux avions marins (dont le train d'atterrissage est larguable, en cas d'amerrissage) ; 2^o celle de la première *catapulte*, construite en France par les Chantiers de Penhoët et destinée à être montée sur un pont de navire ; elle a pu lancer avec succès, à Brest, un hydravion Schreck pesant 1.500 kilogrammes ; elle est constituée par une poutre en charpente d'acier de 20 mètres de long, portant deux rails sur lesquels roule un chariot qui porte l'hydravion. Le chariot est tiré par un câble d'acier, actionné à l'air comprimé sous la pression de 35 kilogrammes ; au bout d'une course utile de 13 mètres, le chariot est freiné brusquement et l'hydravion se trouve projeté dans l'espace, à une vitesse de 70 kilomètres à l'heure environ.

Les nouveaux moteurs sont légers, puissants et à grande vitesse de rotation.

Voyons ici leurs caractéristiques

Le Salon de 1926 voit apparaître une véritable floraison de moteurs nouveaux, de puissance comprise entre 400 et 800 C. V. : Lorraine-Dietrich, Renault, Panhard-Levassor, Salmson, etc... en



MOTEUR LORRAINE-DIETRICH 650 C. V. 18 CYLINDRES
Six carburateurs à corps réchauffé alimentent les cylindres. Le moteur comporte un démultiplicateur de vitesse à satellites.

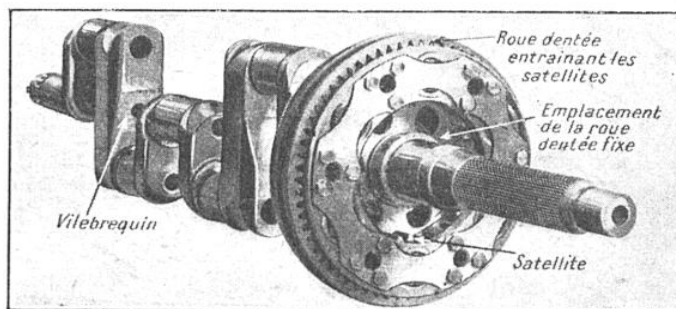
France ; Fiat, Isotta-Fraschini, en Italie ; Péru, en Tchécoslovaquie. On constate une orientation nette vers l'allégement, l'augmentation de vitesse, de compression et de rendement. La compression atteint 5,3 et 6 ; le poids par cheval descend nettement au-dessous de 1 kilogramme. Les vitesses, qui étaient naguère de 1.500 à 1.600 tours, atteignent maintenant 1.700, 1.800 et même 2.000 tours à la minute ; les grandes vitesses nécessitent, en général, afin de maintenir aux hélices un bon rendement et afin de ne pas leur imposer une fatigue trop considérable, l'emploi d'un démultiplicateur.

Moteurs à refroidissement par eau. — Jusqu'à ces dernières années, le mode à refroidissement par eau était à peu près seul universellement employé, pour les raisons suivantes : il assure une grande régularité de température en toute saison, même pour les cylindres des plus grandes dimensions (160 millimètres d'alésage) ; il donne la possibilité de les disposer dans toutes les positions et en nombre aussi grand qu'il est nécessaire, ce qui permet d'accroître presque indéfiniment la puissance transmise par un seul arbre. Ce type de moteur a subi, ces dernières années, des perfectionnements qui en font maintenant un engin capable de marcher sans revision plus de cent heures. Ses formes commencent à devenir classiques : disposition en V, à deux rangées de 6 cylindres, en éventail à trois rangées de 4 ou 6 cylindres et, enfin, en étoile à une ou deux étoiles. A côté du système de distribution à soupapes, le système sans soupapes vient d'acquiescer droit de cité, grâce à la mise au

point par la maison Panhard-Levassor de chemises-fourreaux, légers, en acier, avec garniture de métal anti-friction.

Moteurs à refroidissement par air. — L'emploi de l'aluminium à grand pouvoir radiant et à haute chaleur spécifique, pour l'établissement des culasses assemblées avec un fût en acier, a permis d'établir des cylindres à ailettes à refroidissement par air, de dimensions (alésage 125 à 140 millimètres) et de rendement comparables à ceux des moteurs à refroidissement par eau. Dans ces conditions, un tel moteur prend l'avantage de la

simplicité d'installation à bord, puisqu'on supprime le radiateur et la circulation d'eau, de l'allégement pour le groupe motopropulseur de l'ordre de 200 à 300 grammes par C. V., car les cylindres à ailettes ont un poids tout à fait comparable à celui des cylindres à chemise d'eau. La disposition des cylindres en étoile est bien un peu encombrante, mais on est parvenu à établir des carènes renflées à l'avant et fuselées à l'arrière, qui ont une faible résistance à l'avancement. Dès maintenant, nombreux sont les avions équipés avec des moteurs de ce système, et nombreux deviennent les constructeurs de ces moteurs. En France, à côté de la Maison Gnôme-Rhône, qui continue à fabriquer le moteur Jupiter, donnant maintenant 450 C. V. grâce à l'augmentation de la compression, la Société Salmson expose toute la gamme de ses moteurs, de 12 C. V. à 250 et 460 C. V., et Lorraine-Dietrich a mis sur pied un moteur de 230 et un de 460 C. V., à double étoile en quinconce. Seuls les essais, déjà commencés sur une vaste échelle permettront de vérifier l'endurance de ces moteurs.



VUE DU DÉMULTIPLICATEUR DE VITESSE LORRAINE-DIETRICH

Ce que consomme de matières premières une industrie comme celle de l'aéronautique, qui en cinq ans a accru ses exportations de 5 à 260 millions

L'aéronautique est maintenant une véritable industrie ; comme il ressort des principaux tableaux de l'Exposition officielle, les exportations ont suivi une progression croissante de 5 millions en 1922, à 180 millions en 1924 et plus de 260 millions en 1926. A sa prospérité, d'autres grandes industries, comme celles des textiles, de l'aluminium, des aciers spéciaux, des enduits en cellulose, émaillites et laques artificielles, sont étroitement attachées.

L'aviation consomme, par an, plus d'un demi-million de mètres carrés de toile de lin, d'une résistance de 2.000 kilogrammes au mètre courant, et, grâce à elle, l'industrie du lin est en train de reprendre une vitalité nouvelle ; la culture du lin n'est plus concentrée seulement dans la région de la Lys, mais elle s'étend en Normandie et en Bretagne, grâce aux procédés, mis au point, du rouissage artificiel.

Annuellement, près de 4 millions de kilogrammes d'aluminium entrent dans la construction des engins aériens ; le Sud-Est de la France est particulièrement riche en bauxite. Les usines qui transforment ce minerai en aluminium, dépensent, par an, plus de 40.000 tonnes de charbon et utilisent une puissance de 100.000 kilowatts, fournie par la houille blanche.

Au total, il entre annuellement dans les

avions pour plus de 100 millions de matières premières. La construction de l'avion et du moteur et de leurs accessoires : carburateurs, magnétos, bougies, démarreurs, extincteurs, radiateurs, équipements électriques, équipements de photographie, etc., occupent des milliers d'ouvriers.

L'avion commercial est, dès maintenant, un moyen de transport, qui, loin de faire concurrence à ceux qui existent déjà, les complète et les prolonge, et constitue une des meilleures « machines à gagner du temps ».

En 1926, le mouvement du port aérien du Bourget a été de près de 29.000 passagers ; le fret, de 1.300.000 kilogrammes ; les frais perçus par la douane, de 2.500.000 francs

environ ; la ligne Toulouse - Casablanca a transporté 9 millions de lettres ; les avions des lignes françaises ont effectué un parcours correspondant à quatre-vingt-sept fois le tour de la

Terre. On s'achemine sûrement, quoique lentement, vers « l'avion qui paie ».

Sur la Terre entière, on est en train de jalonner les grandes lignes aériennes de pénétration et de transit sur lesquelles se rencontrent les nations (1). Le Maroc et le Sénégal, l'Algérie, la Tunisie, sont maintenant reliés à Marseille ; demain, ce seront l'Orient et l'Extrême-Orient et, bientôt, l'Amérique du Sud. Il importe que la France continue à aller de l'avant en organisant une aviation commerciale digne de sa construction. Comme l'indique le frontispice de l'Exposition de la Direction de l'Aéronautique, « l'aviation ouvre à l'activité industrielle et commerciale de notre pays un nouveau et magnifique domaine ».

C. MARTINOT-LAGARDE.

(1) Voir *La Science et la Vie*, nos 109, 113, 114.

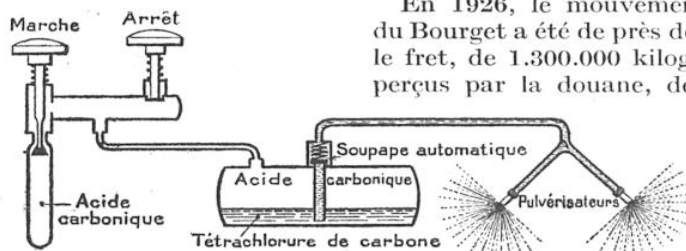


SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UN EXTINCTEUR D'INCENDIE AU TÉTRACHLORURE DE CARBONE

En appuyant sur le bouton « marche », on fait communiquer l'acide carbonique sous pression avec le réservoir de tétrachlorure de carbone. Celui-ci est projeté par les pulvérisateurs.



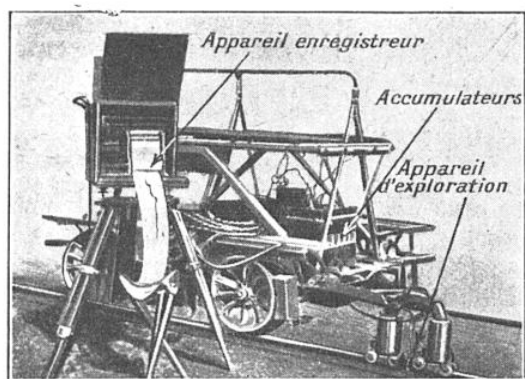
CET APPAREIL DÉCÈLE IMMÉDIATEMENT LES DÉFAUTS DES RAILS

LES visites fréquentes des agents de la voie ne suffisent malheureusement pas toujours à reconnaître les défauts des rails de chemins de fer. Il est, en effet, certains d'entre eux qui se cachent à l'intérieur de l'acier, telles les soufflures et les impuretés. Il est donc intéressant de pouvoir d'abord vérifier rapidement au laboratoire les rails fabriqués, puis suivre avec exactitude les défauts (fissures, etc.) produits par le roulement.

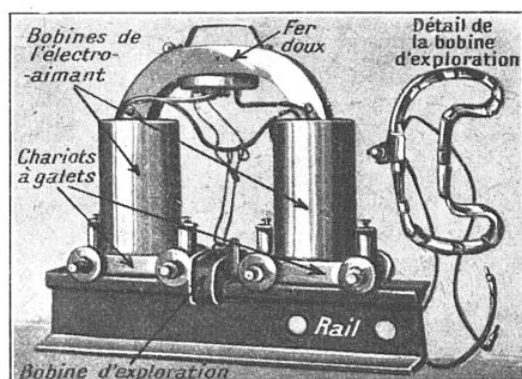
L'appareil imaginé par M. Suzuki, ingé-

et située entre les deux branches de l'électro-aimant. Chaque variation d'aimantation du rail produit, dans cette bobine, un courant électrique induit, que l'on mesure au moyen d'un galvanomètre, dont l'aiguille porte un miroir qui renvoie un rayon lumineux sur une bande de papier sensible, où ses différents passages sont enregistrés.

A chaque défaut du rail correspond une sinuosité plus ou moins accentuée dans la courbe ainsi obtenue. Ainsi une fissure interne transversale, qui est la plus dange-



VUE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL EN FONCTIONNEMENT SUR LA VOIE



L'ÉLECTRO-AIMANT ET LA BOBINE D'EXPLORATION QUI « COIFFE » LE RAIL

nieur des chemins de fer de l'État japonais, et utilisé sur ce réseau, baptisé *defectoscope*, est d'une application pratique et rapide. Il est basé sur les deux principes suivants : 1° si une substance magnétique, telle que l'acier, est placée dans un champ magnétique, elle s'aimante par induction ; 2° l'intensité de cette aimantation est affectée sérieusement par le traitement thermique, les efforts mécaniques subits, l'existence de soufflures ou d'impuretés. Par la mesure de l'aimantation, on pourra par conséquent découvrir les points anormaux du rail.

L'appareil comprend donc : 1° un puissant électro-aimant, alimenté par une batterie d'accumulateurs et mobile le long du rail, qui est destiné à produire l'aimantation du rail ; 2° un dispositif pour la mesure des variations de cette aimantation. Il est constitué par une bobine exploratrice, coiffant le rail

reuse et une des principales causes du bris des rails en service depuis longtemps, est clairement décelée par l'apparition d'une brusque et forte déviation dans le diagramme.

Grâce à cet appareil, une à deux minutes suffisent pour explorer un rail ordinaire de 10 mètres. Sur la voie, on peut ainsi vérifier un kilomètre de rail à l'heure, soit 100 longueurs de rail, car il suffit de faire rouler l'appareil, sans avoir à le poser à chaque opération.

Ce dispositif permet-il de supprimer la surveillance exercée sur la voie par les agents des chemins de fer ? Nous ne le pensons pas, car, seules, ces visites peuvent être assez fréquentes et, si elles ne montrent pas les défauts cachés des rails, qui ne se produisent que lentement, elles sont néanmoins suffisantes pour déceler les réparations urgentes à effectuer.

J. M.

L'AUTOMOBILE ET LA VIE MODERNE

Par A. CAPUTO

Un problème d'actualité : celui de la petite voiture. — L'automobile : instrument économique de transport

L faut reconnaître — les circonstances actuelles montrent combien la constatation est vraie — que les constructeurs d'automobiles ont surtout sacrifié, jusqu'ici, aux *qualités sportives* de leurs véhicules, et que le côté absolument pratique, celui qui intéresse la majorité des usagers, a été négligé. Longtemps l'automobile fut un instrument de luxe et, comme on devait fasciner et gagner une clientèle non encore initiée, on mettait en avant le plaisir de la vitesse, la joie des longues randonnées et le coup d'œil de la présentation. Mais l'automobile est devenu un instrument de transport. Il doit donc se plier aux conditions de ses divers emplois.

Personne n'ignore que la construction automobile est assez sérieusement touchée par la crise économique que nous traversons, du fait du ralentissement des exportations et de l'hésitation de la clientèle intérieure.

Mais il y a là aussi un mouvement assez symptomatique et qui demande à être sérieusement analysé.

En période d'activité prospère, un assez

grand nombre de constructeurs peuvent fabriquer des modèles semblables et en trouver l'écoulement.

Nombreux sont alors les acquéreurs éventuels, qui suivent la mode, font quelques sacrifices, ne veulent pas rester en arrière du voisin et discutent peu ce qu'on leur présente.

En période de malaise, il n'en va plus de même ; les acquéreurs se raréfient et, comme certains *ont besoin* de l'automobile, cependant que leurs ressources sont modestes, ils se renseignent avec plus de précision, pèsent, critiquent, puis attendent, car les prix leur semblent élevés, d'autant qu'à ceux-ci viennent s'ajouter les diverses charges des taxes, assurances et entretien.

On s'aperçoit alors que beaucoup de voitures classiques, hier encore très appréciées, ne sont pas faites pour une certaine catégorie, très nombreuse, d'acheteurs.

Ce n'est pas que la voiture française soit de prix excessif, puisque les prix n'ont pas triplé, si l'on fait état des nombreux accessoires livrés aujourd'hui avec la voiture complète. Ce n'est pas, non plus, que notre

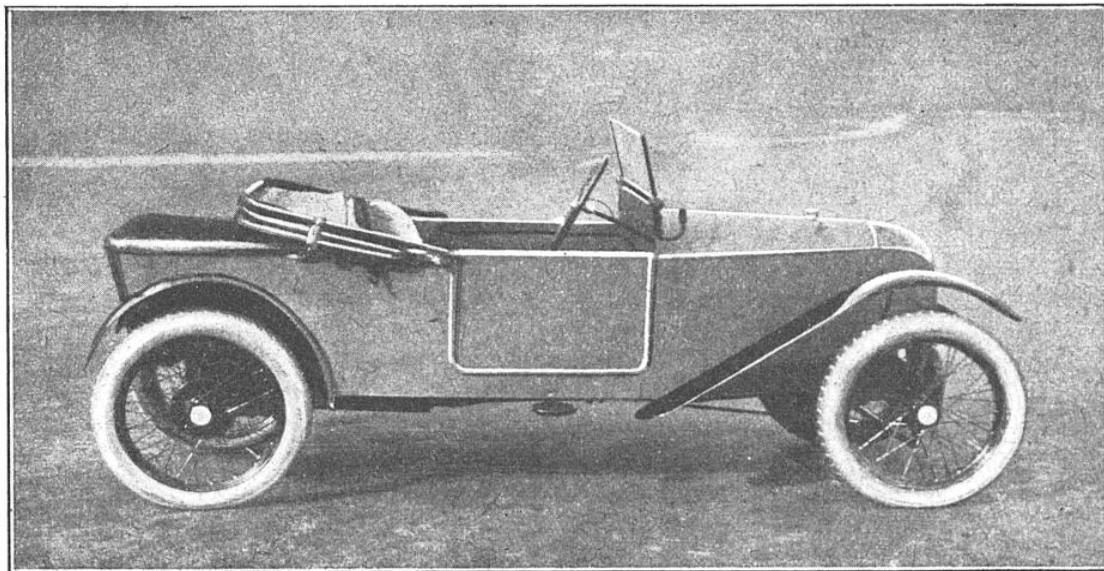


FIG. 1. — UN TYPE DE LA VOITURE POPULAIRE A DEUX PLACES

La Sima-Violet avec moteur à deux temps à deux cylindres opposés et bloc transmission. (Les détails des mécanismes sont développés au cours de l'article et dans les légendes des figures 2 et 3.)

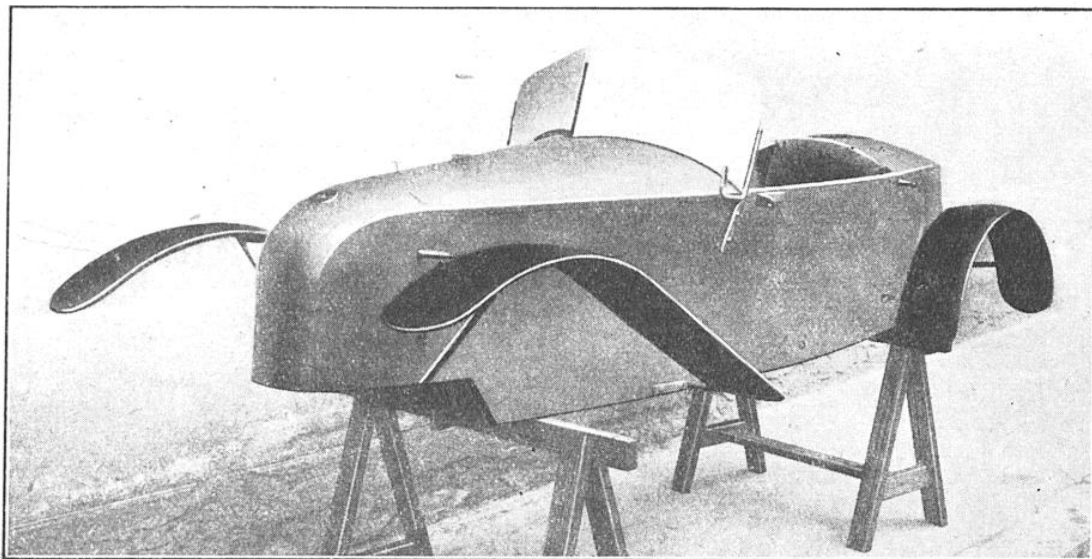


FIG. 2. — LA CARROSSERIE DE LA VOITURE SIMA-VIOLET

Elle est autonome, se pose et s'enlève très aisément. Elle est munie du réservoir d'essence, du pare-brise, des ailes et d'une capote, dont la disposition varie selon les modèles.

marché soit saturé. Nous sommes loin du rapport d'une voiture par sept habitants que connaissent les États-Unis.

Les raisons principales de la crise intérieure sont que la capacité d'achat de beaucoup de Français moyens est faible, que ceux-ci hésitent ou attendent, et que d'autres ne sont pas incités à venir à l'automobile, parce qu'on ne leur offre pas le véhicule répondant vraiment à leurs besoins.

On en arrive à conclure que, pour notre marché, trop de constructeurs fabriquent des 10 C. V. et 11 C. V., et qu'il nous manque, par contre, la voiture populaire et la voiture rurale.

Comme à toute chose malheur est bon, il nous faut espérer que quelques-unes de nos grandes firmes comprendront les ressources qui leur sont réservées par ces deux importants débouchés.

Comment résoudre le problème de la voiture populaire

Le problème de l'établissement de la voiture populaire est, certes, l'un des plus délicats à résoudre qui se soient présentés à l'ingénieur.

Il semble que la production en grosses séries soit d'abord un des facteurs prépondérants de la réussite, et c'est bien exact.

Cependant, il faut penser qu'en France nous ne pouvons tirer un parti aussi avantageux que celui obtenu par les Américains des organisations capables d'assurer de telles productions, car les capitaux nécessaires sont pour ainsi dire impossibles à recueillir sous les chiffres astronomiques qu'il serait indispensable de grouper.

C'est là un autre motif pour lequel le plan classique du châssis moderne ne peut être suivi, car il est trop compliqué.

Faute de moyens d'abord, et par économie de construction aussi, il faut donc rechercher une grande simplification des fabrications.

C'est la bonne voie dans laquelle plusieurs constructeurs se sont engagés.

Il est utile également de tenir compte de quelques considérations qui intéressent l'acheteur éventuel.

On ne saurait, en effet, réclamer d'une voiture populaire une vitesse trop élevée et un luxe d'équipement trop complet.

La clientèle a été un peu gâtée par la plaisante ordonnance des voitures actuelles. On souffre malaisément d'avoir à tourner une manivelle. On pense qu'il est très naturel que tout véhicule possède des freins sur les quatre roues.

Que ces perfectionnements soient convoités, rien de mieux, mais ils doivent être considérés comme des suppléments, et non faire partie de l'équipement courant.

Un maximum de vitesse de 65 à 70 kilomètres à l'heure ; de larges places confortables où chaque occupant soit à l'aise ; aucun luxe inutile ; des mécanismes robustes, mais étudiés de façon telle qu'on ne puisse plus leur enlever une vis, donc aucune surcharge, aucune fantaisie de dessin : telles sont quelques-unes des principales directives qui doivent figurer au programme de réalisation du véhicule vraiment populaire. Comme on est appelé à rogner sur tous les éléments, à se trouver sans cesse esclave du prix de

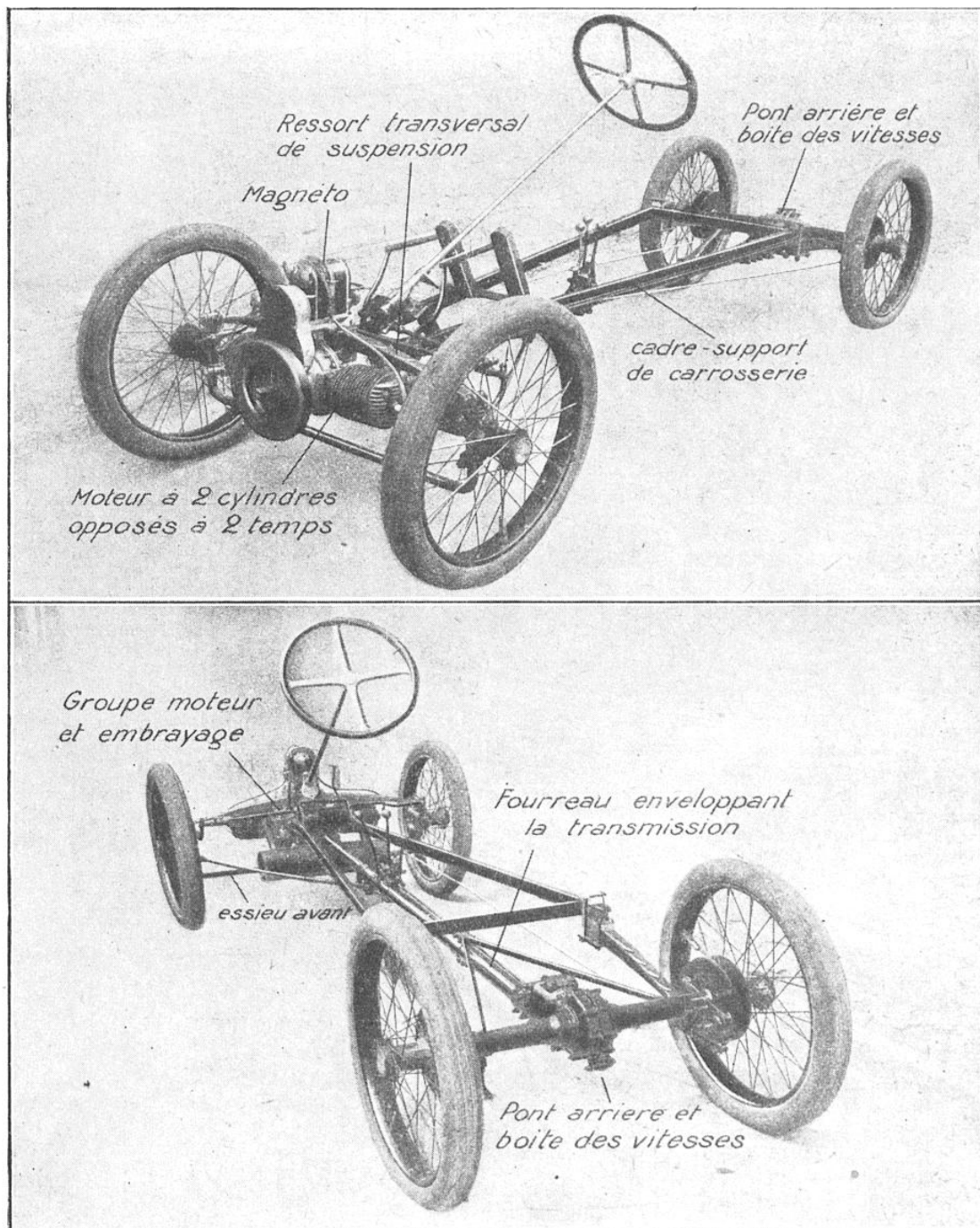


FIG. 3. — LES MÉCANISMES DE LA VOITURE SIMA-VIOLET

Le véhicule ne comporte pas de châssis classique. Moteur, transmission, boîte des vitesses et pont arrière forment un seul bloc reposant, à l'avant, sur l'essieu, par un ressort transversal. Le cadre que l'on remarque sur le groupe est celui de la carrosserie, il est articulé sur un axe à l'avant et s'appuie, à l'arrière, sur le pont, par deux demi-ressorts. Le montage du fourreau de transmission laisse toute liberté aux essieux dans le sens transversal, mais les maintient parallèles entre eux, ce qui est des plus intéressant pour la douceur et la précision de la direction, ainsi que pour la tenue de route.

revient, l'étude est ingrate, et c'est pourquoi, en période facile, elle a toujours été tenue pour rebutante et *ne payant pas*. Le constructeur qui s'y serait sérieusement attaché n'aurait cependant pas perdu son temps, il recueillerait aujourd'hui la récompense à ses efforts.

Quelques petites voitures à deux places

Comme cette question est d'avenir et appelée certainement à un grand développement, nous donnerons la description de quelques véhicules du type populaire qui ont déjà fait leurs preuves, et nous suivrons par la suite, périodiquement, les acquisitions qui seront faites dans ce domaine. Nul doute que l'on y progresse bientôt.

Tout à fait personnel est le dessin du cyclecar Sima, créé par l'ingénieur Marcel Violet.

C'est un exemple typique de la recherche de la simplification de construction. Le mécanisme ne repose pas sur un cadre ou *châssis*, fait de longerons en tôle emboutie, comme il est habituel; l'ensemble : moteur, transmission, boîte des vitesses et pont arrière, forment un seul groupe. Ainsi se trouvent supprimés : longerons, entretoises, pattes d'attaches et joints articulés de liaison.

Le montage du fourreau de transmission laisse, néanmoins, la liberté latérale des essieux, pour leur permettre de suivre aisément les dénivellations de la route.

On réalise, par ailleurs, un avantage qui ne se rencontre pas dans le châssis classique ; les essieux sont toujours *parallèles*, et ceci est très important pour la tenue de route et la précision de la direction.

Tout le groupe est suspendu à l'avant sur l'essieu, par un ressort transversal, dont la

lame maîtresse est fixée, d'un côté, sur un axe et coulisse, de l'autre, dans un guide. Le moteur, à deux cylindres horizontaux, est à refroidissement par air et fonctionne à deux temps. Il ne comporte ni soupapes ni cames, la distribution s'opérant par des lumières démasquées par les pistons. Les accessoires se réduisent à une magnéto, un carburateur automatique et un pot d'échappement.

La disposition des cylindres *en opposition*, le calage des bielles, fournissent un bon équilibre sans vibrations. La cylindrée est de 500 centimètres cubes. L'embrayage à disques est attenant au moteur. L'arbre de transmission est enveloppé par le fourreau central. Au pont arrière est jointe la boîte à deux vitesses et marche arrière.

La légèreté du véhicule et le couple moteur régulier du moteur à deux temps permettent de tenir aisément la grande vitesse sur les pentes à profil moyen.

Les freins arrière sont classiques.

La carrosserie, avec son pare-brise et ses ailes, est montée sur un cadre articulé à l'avant et suspendu par deux demi-ressorts sur le pont arrière. Ceux-ci ne participent qu'à la suspension, et le confort procuré étonne au premier essai.

La direction est à volant avec attaque de chacune des roues par bielle autonome. Les articulations sont à rotule avec rattrapage automatique du jeu.

Un triangle d'attelage relie l'essieu avant au fourreau central et un entretoisement triangulé renforce l'assemblage arrière. Il est bien difficile, comme on le voit, de faire plus simple, et la disposition doit faire école, car elle possède de réelles qualités de stabilité et de rendement, ainsi que l'ont montré maints succès en course.

Très original également est le cyclecar

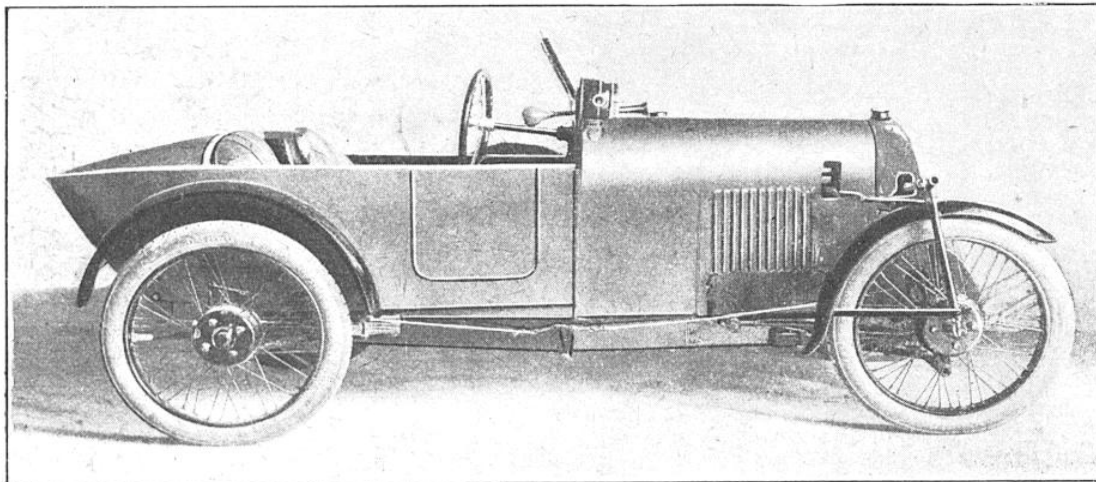


FIG. 4. — UN TYPE DE LA VOITURE POPULAIRE A DEUX PLACES
La voiture Villard avec moteur à deux temps et roues avant motrices et directrices.

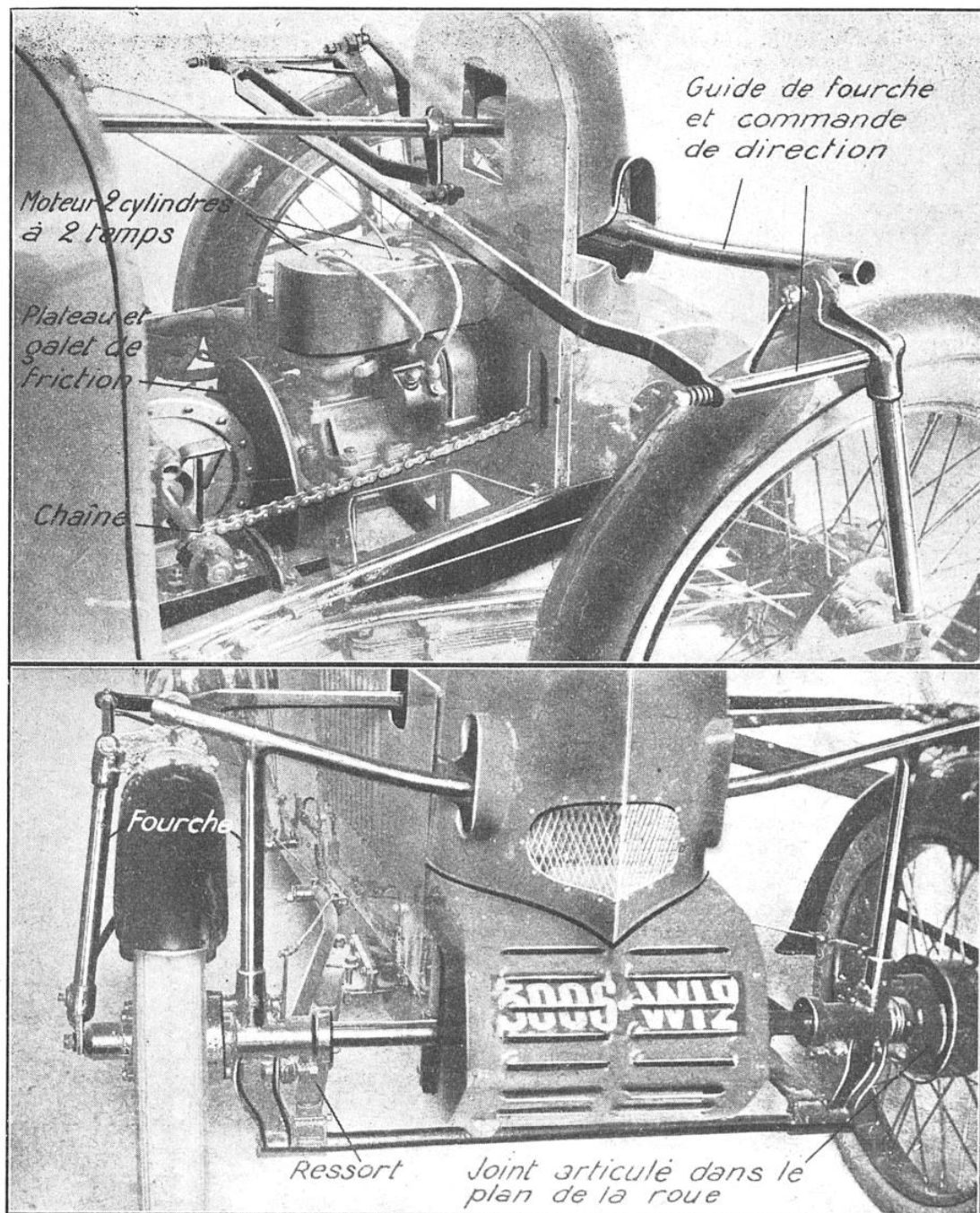


FIG. 5. — LES MÉCANISMES DE LA VOITURE VILLARD

Le moteur entraîne un plateau et un galet de friction qui constituent l'embrayage et le changement de vitesses. Une chaîne actionne l'essieu avant. Celui-ci comporte un différentiel, et les arbres attaquent les roues par joint articulé, situé dans leur plan, ce qui supprime toute réaction sur la direction ; d'autre part, cette dernière est à chasse de l'essieu toujours positive, ce qui concourt à donner à ce véhicule léger une grande stabilité et une agréable douceur de manœuvre. Tous les mécanismes sont simples, robustes et très accessibles, car ils se trouvent groupés sous le capot, directement en main. Aucun organe de transmission ne subsiste sous la carrosserie, qui peut être placée très bas.

Villard. Ici tout le mécanisme est réuni sous le capot, et les roues avant sont à la fois motrices et directrices.

Le moteur est, soit un monocylindre de 350 centimètres cubes, soit un deux cylindres de 500 centimètres cubes, à refroidissement par air et à deux temps du type à lumières, moteur essentiellement rustique.

L'embrayage et le changement de vitesses sont obtenus par plateau et galet de friction, disposition qui se défend très bien ici, étant donné le faible poids du véhicule. Une chaîne entraîne l'essieu avant muni d'un différentiel. Les arbres attaquent les roues par un joint articulé situé dans leur plan, ce qui supprime tout bras de levier de réaction.

La direction et la suspension sont spéciales, car on a recherché à laisser à l'essieu de l'indépendance pour la stabilité à toutes les allures.

L'essieu est relié par bielles articulées au châssis. Des demi-ressorts s'appuient sur un contreventement de l'essieu. Les roues sont placées dans des fourches guidées latéralement et longitudinalement, de façon à fixer avec précision l'angle de chasse. La fourche a un bras mobile permettant la sortie facile de la roue.

A l'arrière, un essieu articulé est maintenu par demi-ressorts et contre-lames. Les quatre roues sont pourvues de freins. Dans de nombreuses compétitions, ce petit véhicule s'est fait remarquer par sa vitesse et sa bonne tenue de route.

La maison Villard a étudié, dans le même esprit d'une construction simple et rustique, un autre type de véhicule populaire à trois roues, deux à l'arrière et une à l'avant, qui est à la fois motrice et directrice. Cette roue est montée de façon semblable à celle de l'essieu à deux roues motrices, dont nous venons de rappeler les détails, avec fourche articulée à angle de chasse positif, embrayage et boîte des vitesses à friction, transmission par chaîne, attaque de la roue par un joint articulé situé dans son plan.

La clientèle française semble avoir une prévention contre le véhicule à trois roues, aussi le Villard n'est-il pas destiné pour le transport des personnes, mais pour le service des livraisons rapides de marchandises légères, dans des conditions très intéressantes d'économie.

Nous le signalons, car cette initiative paraît appelée à connaître du succès.

On remarquera que les voituresses Sima-Violet et Villard sont, toutes deux, munies d'un moteur à deux temps sans soupapes. Ce modèle a d'indéniables qualités dans cette application, car il comprend peu de pièces, sa fabrication est donc peu coûteuse

et son entretien peu onéreux. Comme on l'utilise sous des cylindrées très réduites, sa consommation n'est pas exagérée. Il fonctionne un peu moins régulièrement que le classique « quatre temps » pendant le ralenti à vide, mais il se cramponne bien en côte et possède une souplesse plus étendue.

* * *

Voici donc deux premiers exemples de modèles entièrement différents du classique, plus simples, moins onéreux de fabrication. Que les constructeurs aient des moyens étendus, que tous les détails soient attentivement soignés, que des carrosseries confortables soient judicieusement prévues, et il semble bien que l'on arriverait sans peine à réaliser une voiture vraiment populaire, de prix très raisonnable, capable de donner satisfaction à beaucoup d'acheteurs et de garantir une branche très intéressante de notre marché contre les concurrences étrangères.

La voiture populaire à quatre places

Le véhicule à quatre places pourrait fort bien être conçu selon la manière volontiers *rustique* des exemples donnés pour la deux places.

Sans doute, le problème se complique de l'obligation de prévoir une puissance plus élevée, ce qui conduit à multiplier le nombre des cylindres et à écarter des dispositions comme le changement de vitesse à friction ; mais ce qu'il sera utile de conserver, c'est l'esprit d'extrême simplicité de l'établissement.

Une autre erreur qu'il faudra combattre également, c'est la tendance à étriquer la carrosserie, quand on tente de produire un véhicule bon marché. On doit évidemment en prohiber tout luxe exagéré et toute fantaisie, mais il ne faut pas oublier que les occupants ont semblables conformations que les amateurs de voitures plus coûteuses, qu'ils ont droit aux mêmes aises et que la plupart préféreront sacrifier sur la vitesse pour jouir d'un meilleur confort.

De même, on a tort de penser que la voiture rurale doit ressembler à sa sœur du tourisme ; elle doit être, avant tout, un outil de travail et de fatigue.

Nous analyserons ces questions dans de prochaines causeries.

A. CAPUTO.

La question de la voiture populaire est un problème d'avenir qui ne manquera pas de retenir l'attention de beaucoup de lecteurs de La Science et la Vie. Nous recevrons avec plaisir leurs suggestions à ce sujet, ce qui nous permettrait de connaître les désirs des usagers et d'en faire part aux constructeurs.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par Joseph ROUSSEL

I. Instruisons-nous (la transmission des images par T. S. F.). — II. Schémas et montages (comment on peut neutrodyner les lampes bigrilles). — III. Les idées de nos lecteurs (les valves sans filament).

I. Instruisons-nous

La transmission des images par T. S. F. et le phénomène de Kerr

DÉCOUVERT, en 1875, par le physicien Kerr, dont il prit le nom, étudié ensuite par Quinke, Blondlot, Abraham et Lemoine, Giurgea, etc... ce phénomène est peu connu du public; les étudiants n'en trouvent qu'une relation succincte dans les meilleurs ouvrages de physique et c'est dans la thèse de doctorat de E. Giurgea, en 1912, qu'il convient d'en chercher l'étude la plus complète.

Il s'énonce de la manière suivante : un diélectrique transparent, liquide ou solide, placé dans un champ électrique, devient biréfringent.

Rappelons brièvement ce qu'est la biréfringence ou double réfraction.

C'est la propriété, que possèdent un très grand nombre de cristaux, de fournir deux rayons réfractés pour un seul rayon incident.

L'expérience est particulièrement curieuse à réaliser avec le spath d'Islande. Si l'on regarde un objet à travers ce cristal, on voit une double image et de même, si l'on projette un rayon lumineux sur une face de ce même cristal, il en sort deux par la face opposée, et ces rayons, dont l'un est appelé rayon ordinaire et l'autre, rayon extraordinaire, possèdent des propriétés optiques particulières.

Voici maintenant l'expérience fondamentale réalisée par Kerr.

Un tube isolant *B*, figure 1, est fermé à ses extrémités par deux glaces parallèles.

A l'intérieur de ce tube sont disposées deux armatures métalliques *M* et *N*, situées à peu de distance l'une de l'autre et reliées respectivement aux conducteurs *C* et *D*, qui peuvent être mis en communication avec les pôles d'une source de haute tension.

On introduit dans le tube le liquide soumis

à l'expérience, en général du sulfure de carbone, de telle sorte que l'espace compris entre les armatures soit rempli par ce liquide.

Ceci posé, on dirige suivant l'axe du tube un faisceau *R* lumineux, issu d'une source *S* (le système optique de projection n'a pas été représenté), ce faisceau lumineux passe entre les armatures, mais, avant sa pénétration dans le tube, il est polarisé par un Nicol *P* (deux prismes de spath), puis, à sa sortie, il est analysé par un second Nicol *A*, susceptible de tourner dans sa monture autour de l'axe *R*.

On dispose les sections principales de *P* et de *A* perpendiculairement l'une à l'autre et en même temps à 45° du plan des lignes de forces du champ électrique que l'on peut créer entre *M* et *N*.

Dans ces conditions, si aucune tension n'est appliquée entre *M* et *N*, aucune lumière ne sort de l'analyseur *A*. Si, à ce moment, on réunit *C* et *D*

aux pôles d'une source de haute tension, la lumière reparait et son intensité est, dans certaines limites, proportionnelle au carré de l'intensité du champ créé entre *M* et *N*.

Ce phénomène fournit par conséquent le moyen de transformer des variations de champ électrique en variations correspondantes de luminosité d'une source locale.

L'effet peut être pratiquement considéré comme instantané, puisque le retard entre la cause (production ou cessation du champ) et l'effet (apparition ou disparition de la lumière) est inférieur à 4 billionièmes de seconde.

C'est ce phénomène qui a été appliqué par le Dr Karolus, de Leipzig, à un nouveau système de transmission des images, avec ou sans fil, dont nous allons exposer les grandes lignes à nos lecteurs.

Comme dans tout système de correspondance, le dispositif total comporte trois parties : un émetteur ou modulateur; un signal variable, qui peut être, soit un cou-

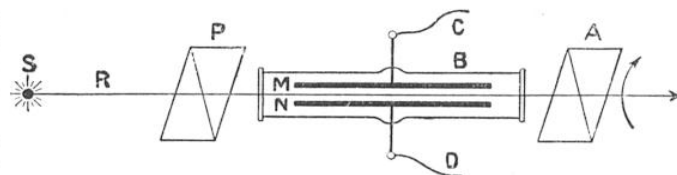


FIG. 1. — PRINCIPE DE L'EXPÉRIENCE DE KERR

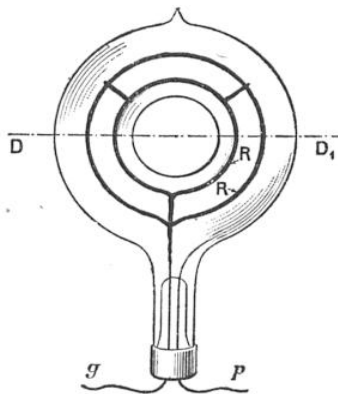


FIG. 2. — ASPECT EXTÉRIEUR DE LA CELLULE DE SCHRÖTER

des entretenues, en liaison avec un récepteur accordé sur l'onde émise, peut servir, comme servent, de manière usuelle, les appareils ordinaires de téléphonie avec fil ou sans fil.

L'originalité des dispositifs se trouve dans la conception nouvelle de l'émetteur-modulateur et du récepteur-traducteur.

A l'émission, on a utilisé une cellule photo-électrique de forme particulière, la cellule de Schröter, dont nous allons donner la description et le but.

Au point de vue de la nature des éléments intérieurs, cette cellule, en verre boro-silicaté, ne diffère en rien des éléments photo-électriques devenus classiques et comporte, dans une atmosphère de gaz rare, deux électrodes : l'une, formée d'un dépôt d'un hydrure alcalin, l'autre, d'un anneau, mais la disposition de ces éléments est réellement nouvelle.

L'enveloppe de verre ne se présente plus sous la forme habituelle d'une ampoule sphérique ou cylindrique, mais sous la forme d'un tore creux (fig. 2), présentant, en un point de sa périphérie, un queue otage qui permettra de supporter l'appareil et de fixer convenablement les fils de connexion p et g , reliant les éléments de l'ampoule

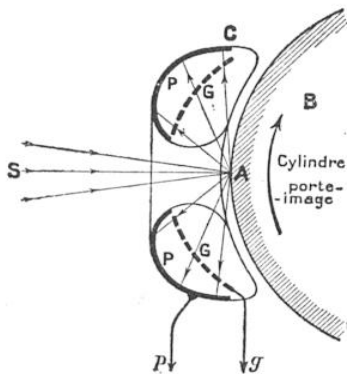


FIG. 3. — FONCTIONNEMENT DE LA CELLULE DE SCHRÖTER EN « MICROPHONE ÉLECTRIQUE »

rant électrique modulé transmis par fil, soit une onde électro-magnétique également modulée constituant la transmission dite sans fil ; enfin, un récepteur ou traducteur.

La transmission, en elle-même, ne comporte aucun dispositif particulier ; n'importe quel émetteur d'ondes

photo-électrique aux circuits d'utilisation.

La figure 3, qui montre la cellule de Schröter en coupe par DD_1 , fera mieux comprendre le dispositif interne. Contre la paroi postérieure annulaire du tore, et formant l'électrode sensible, est fixé le dépôt P d'hydrure alcalin, relié au fil p ; dans le plan médian de la cellule, un système de deux anneaux métalliques RR (fig. 2), symbolisé dans la figure 3 sous forme de grille de contrôle G et relié au fil g , forme la seconde électrode.

Supposons maintenant cette cellule en position fixe, appliquée (fig. 3) contre la surface extérieure d'un cylindre B , animé de deux mouvements, l'un de rotation autour de son axe, l'autre de translation dans le sens de cet axe, tous les points de sa surface viendront, successivement, en suivant une trajectoire hélicoïdale, se présenter au milieu de l'évidement de la cellule photo-électrique.

Un dessin ou une photographie, étant enroulés sur ce cylindre, verront ainsi chacun de leurs points élémentaires passer au point A . L'évidement central ménagé dans la cellule permettra, à l'aide d'une source lumineuse

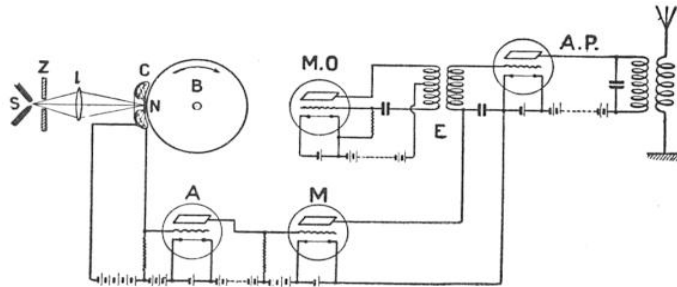


FIG. 4. - ÉMETTEUR UTILISANT LA CELLULE DE SCHRÖTER

intense et d'un système optique convenablement disposés, d'éclairer ponctuellement l'élément de l'image passant en A . Si, à un instant donné, le point de l'image en A est sombre, il ne réfléchira aucune lumière et la cellule restera inactive ; s'il se présente, au contraire, un élément blanc, la lumière réfléchie de A vers P , à travers G , permettra à la cellule de fermer le circuit d'une source dont les pôles sont appliqués à p et g .

L'intensité du courant traversant la cellule sera, à chaque instant, proportionnelle à celle de l'éclairement du point A , on aura donc réalisé une modulation de courant électrique par la lumière, modulation qui sera la traduction fidèle des valeurs ou, si l'on veut, de la modulation optique du dessin ou de l'épreuve photographique.

La cellule aura joué le rôle de microphone photo-électrique, et l'un des grands avantages du système est de permettre la transmission de n'importe quel dessin ou épreuve en blanc, noir et grisé, sans faire subir aucune préparation à ce dessin ou à cette épreuve, d'où un gain de temps toujours appréciable.

Les courants ainsi modulés sont identiques à ceux qui sortent du microphone d'un studio et que module l'énergie sonore. Toutefois leur amplitude est extrêmement faible; aussi, pour les transformer en ondes électromagnétiques modulées suffisamment puissantes pour permettre de couvrir de longues distances, emploie-t-on des émetteurs complexes, dont la figure 4 fournit un exemple.

Un émetteur de contrôle, sorte de simple hétérodyne *M. O.*, règle la longueur d'onde (type dit *Master oscillator*) d'un émetteur puissant *A. P.*, couplé avec l'antenne émettrice.

L'onde porteuse ainsi émise est modulée par les systèmes *A* et *M*, qui, eux-mêmes, amplifient les très faibles courants modulés par la cellule *C*.

Lorsque ces ondes modulées par la lumière atteignent le poste récepteur qui doit les utiliser, elles sont tout d'abord reçues (fig. 5) par un système qui ne diffère absolument en rien des récepteurs de radiotéléphonie; elles sont détectées, puis amplifiées par l'une quelconque des méthodes usuelles et pourraient fort bien, à la sortie de *D. A.*

(détecteur-amplificateur), mettre en action un téléphone ou un haut-parleur, qui, bien entendu, ne donneraient à l'audition qu'une assez bizarre musique.

Le problème consiste maintenant à transformer en *lumière modulée* ces courants d'intensité variable. C'est là qu'intervient le phénomène de Kerr, sous forme de la « cellule de Karolus », que l'on voit en *B*, et où l'on retrouve les éléments décrits au début de cette étude, le tube *B* rempli de sulfure de carbone, les armatures *M* et *N*, reliées ici à la sortie de l'amplificateur qui, pour elles, est la source de haute tension modulée nécessaire au jeu du dispositif; enfin, une source lumineuse *S*, dont les rayons concentrés par des lentilles *L* et *L₁* traversent, dans l'ordre, un Nicol polariseur *P*, la cellule *B* et un Nicol analyseur *A*, disposés convenablement.

A la sortie de *L₁*, le faisceau lumineux, devenu ponctuel, pénètre dans une chambre noire *Y* et atteint enfin la périphérie d'un cylindre *C. R.*, animé de mouvements identiques à ceux de *B*, de la figure 4 : le synchronisme de ces mouvements étant obtenu par des dispositifs spéciaux. Enfin, sur la surface du cylindre du récepteur *C. R.* est enroulée une feuille sensible de papier photographique.

Nous allons maintenant pouvoir facilement comprendre le mécanisme de la transmission d'une image.

Le système optique du récepteur est

d'abord réglé pour qu'en l'absence de toute modulation de l'onde porteuse, aucun rayon lumineux n'atteigne *C. R.* : les cylindres émetteur et récepteur étant, à l'origine de leur mouvement, le premier couvert de l'épreuve à transmettre, le second d'une feuille sensible. Les cylindres étant en mouvement, si un point sombre de l'image à transmettre passe en *N* de *B* (fig. 4), le courant traversant la cellule de Schröter est modifié et module l'onde porteuse; à l'arrivée, cette modulation modifie la valeur du champ entre *M* et *N*, la lumière reparait en *I*, impressionne la feuille sensible et paraîtra au développement ultérieur sous forme d'un point sombre.

Les points correspondants des surfaces explorée en *B* et impressionnée en *C. R.*, passant au même instant en face de la cellule de Schröter, d'une part, de celle de Karolus, d'autre part, la transmission est réalisée cor-

rectement pour toute la surface dans le temps total que nécessite son exploration.

L'analyse de l'original et la synthèse de la reproduction étant des phénomènes élec-

triquement instantanés, la rapidité de la transmission complète est uniquement fonction de celle des mouvements mécaniques des cylindres.

Nous avons vu des reproductions absolument parfaites d'images transmises par ce procédé entre Kœnigswusterhausen et Vienne. Les appareils français de M. Belin en donnent qui sont absolument identiques, c'est la différence profonde des procédés mis en œuvre qui nous a incité à exposer cette méthode.

II. Schémas et montages

Comment « neutrodyner » des lampes à deux grilles

C'EST en réponse à un certain nombre de demandes qui nous ont été adressées par des lecteurs de *La Science et la Vie*, que nous allons étudier, pour eux, un procédé particulier de neutralisation des capacités nuisibles d'une lampe bigrille.

Ce procédé vise, du reste, le cas d'un récepteur monté d'une façon spéciale, sur le type de l'« Ultraudion » de De Forest, dont il est une modification appliquée aux lampes à deux grilles.

Nous le donnons surtout au titre d'application à un cas particulier d'une méthode générale, dont nos lecteurs pourront chercher des modalités variées dans le but de permettre la réception d'ondes très courtes

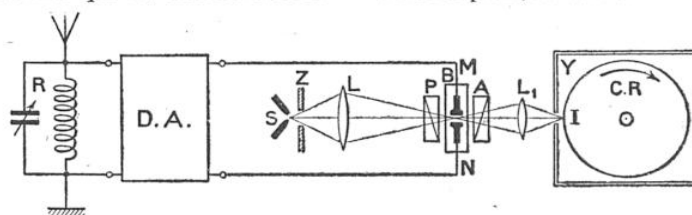


FIG. 5. — RÉCEPTEUR UTILISANT LA CELLULE KAROLUS

sur lampes à deux grilles.

La figure 6 montre, sous deux formes schématisées, la répartition des capacités internes nuisibles et des capacités externes de correction (ou de neutralisation des premières) dans une lampe bigrille.

Dans ces deux schémas, $C N_1$ et $C N_2$ représentent les capacités nuisibles internes, la première entre les deux grilles, la seconde entre la grille extérieure et la plaque, capacités très variables en valeur absolue suivant les modèles, mais ne dépassant jamais quelques centimètres C. G. S., suffisantes cependant pour permettre l'amorçage d'oscillations perturbatrices lorsque la lampe est utilisée en très haute fréquence (voir le n° 109 de *La Science et la Vie*).

L'effet de ces capacités peut être neutralisé par celui des capacités externes $C N_3$ et $C N_4$, lorsque les valeurs de ces dernières sont convenablement choisies.

Théoriquement et pratiquement, les conditions de neutralisation sont réalisées lorsque les points A et B des circuits sont au même potentiel, ce qui est obtenu lorsqu'on a $\frac{C N_1}{C N_2} = \frac{C N_3}{C N_4}$.

Une disposition particulière des condensateurs extérieurs permet de satisfaire facilement à cette condition, dont la variable unique n'a besoin d'être modifiée que si les valeurs du circuit le sont également (changement de lampe par exemple).

La figure 7 montre comment il est possible de réaliser de tels circuits, la lampe bigrille fonctionnant comme amplificatrice en haute fréquence, recevant les oscillations

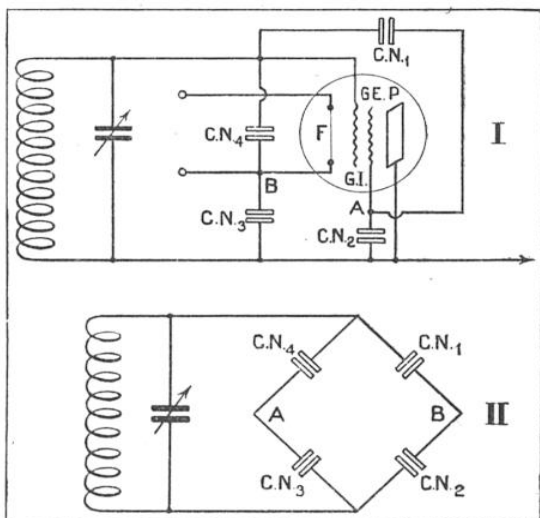


FIG. 6. — DISPOSITION DES CAPACITÉS NUISIBLES ENTRE LES ÉLECTRODES D'UNE LAMPE A DEUX GRILLES

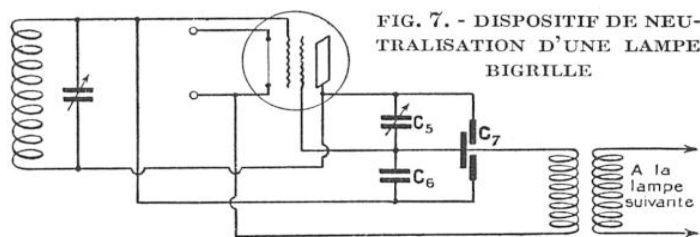


FIG. 7. - DISPOSITIF DE NEUTRALISATION D'UNE LAMPE BIGRILLE

d'un circuit d'accord et devant être liée à l'étage suivant qui peut être quelconque (soit une seconde bigrille H. F., soit une bigrille ou un triode détecteur) par un transformateur H. F. de rapport élevé.

Le condensateur à trois armatures C_7 et le condensateur C_6 sont fixes, les capacités réalisées en C_7 étant du même ordre de grandeur que les capacités internes peuvent être pratiquement réalisées par des conducteurs isolés en torsade. (Voir n° 109.) C_6 aura, au plus, un dix-millième de microfarad. C_5 , qui permettra de réaliser l'équilibre général du « pont », est un condensateur variable de même capacité totale que C_6 .

Ce dispositif, qui peut comporter une source de haute tension-plaque non figurée, de faible valeur (de 10 à 40 volts), a permis de recevoir, sans difficulté, des ondes de 25 mètres de longueur.

III. Les idées de nos lecteurs

A propos des « valves sans filament »

L'ARTICLE que nous avons consacré, dans le n° 112 de *La Science et la Vie*, aux valves sans filament, nous a valu un gros courrier, qui nous a prouvé que ce problème intéresse vivement nombre de nos lecteurs. Nous aurons, du reste, l'occasion de revenir sur ce sujet.

Le Dr Jaouen de Kerlouan nous a soumis une idée intéressante en principe, que nous allons exposer, avec les critiques qu'elle comporte.

Notre aimable correspondant propose d'utiliser comme cathode chaude émettrice d'électrons la pointe d'un thermocautère, enduite ou non d'un oxyde favorisant l'émission, tel l'oxyde de thorium.

Tous nos lecteurs savent — quelques-uns peut-être aux dépens de la sensibilité de leur épiderme — en quoi consiste un thermocautère.

En principe, dans une gaine de forme variée (pointe, palette, couteau, etc.), constituée par une feuille mince de platine, un tube métallique axial amène un courant d'air saturé par les vapeurs d'un hydrocarbure liquide (essence, benzine, etc.), courant gazeux entretenu par le jeu d'une soufflerie. La gaine de platine, étant préalablement portée au rouge dans une flamme quelconque, est maintenue à haute température, en dehors de cette flamme, par suite de l'échauf-

fement provoqué par la condensation et la combustion du gaz carburé dans les pores du métal.

Le « principe » préconisé par le D^r Jaouen consiste à disposer une valve comme le montre le schéma I de la figure 8, dans lequel *F* n'est autre que la pointe incandescente du thermocautère, alimenté en *A* par l'air carburé.

En pratique, les difficultés d'un tel dispositif n'ont pas échappé à notre correspondant, qui nous signale, avec juste raison : 1^o la difficulté d'obtenir un scellement convenable de la pointe chaude dans la paroi de l'ampoule à vide ; 2^o la nécessité d'utiliser un corps autre que le platine qui, à chaud, se laisse très facilement traverser par les gaz et, par conséquent, ne « tiendrait pas le vide ». Il propose l'emploi du graphite ou d'un alliage non poreux ; 3^o la nécessité de l'échauffement préalable. Ici, l'auteur du projet propose le chauffage électrique par courant d'intensité suffisante produit par une petite magnéto.

Sous cette forme, et par suite des difficultés ou complications énumérées, le dispositif ne

nous paraît guère réalisable. Mais il nous semble que le principe en peut être retenu, en disposant l'appareil sous une forme légèrement différente, c'est-à-dire en utilisant toujours la pointe du thermocautère classique comme source de chauffage, mais en rendant cette source matériellement indépendante du reste de la valve.

Nous arrivons ainsi à la conception du dispositif II de la figure 8. Le globe de la valve, en verre quartzéux, comporte une tubulure en « doigt de gant » à parois minces, que gaine intérieurement une lame de métal peu épaisse, *F*, dont la surface est thoriée. Autour de ce

dispositif, qui représentera le « filament » de la valve, sont disposées, en *G*, une grille de contrôle, en *P* une plaque cylindrique.

Dans ce cas, on obtient le chauffage de *F* par rayonnement de la chaleur fournie par la pointe du thermo portée au blanc, maintenue à cette température par le courant gazeux carburé, puis introduite dans l'axe du tube de quartz supportant cette « cathode » d'un nouveau genre.

J. ROUSSEL.

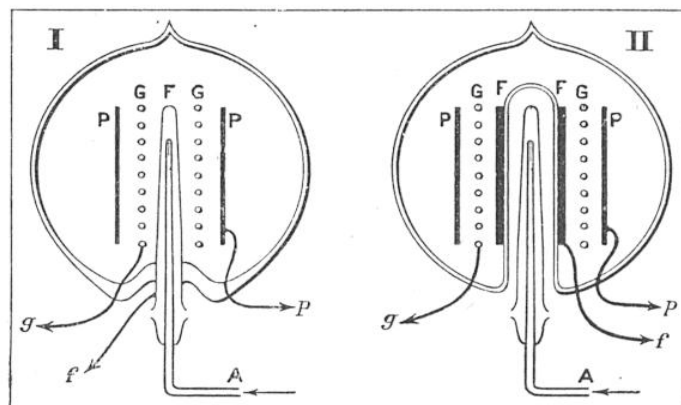


FIG. 8. — LAMPE A CHAUFFAGE PAR THERMOCAUTÈRE

LA T. S. F. ET LES CONSTRUCTEURS

Un diffuseur de grande puissance

BROWN, de Londres, vient de lancer sur le marché un nouvel appareil, le « Disc », dont nous donnons une photographie. Le côté le plus nouveau de cette production est le fait que Brown, qui a porté les haut-parleurs à un degré de perfection incontestable, ait tenu à lancer sur le marché un type à tympan ou diffuseur dont on connaît la difficulté de réalisation.

Une série de recherches et d'essais ont amené l'élimination de plus de trente dispositifs et l'adoption ou mieux l'adaptation ingénieuse du système Brown à un tympan de large surface. Bénéficiant de l'importance des usines de North Acton en matière de matériel radiophonique, ce nouveau haut-parleur répond aux critiques les plus sévères.



DIFFUSEUR « DISC »
DE BROWN

La transformation de l'énergie électrique en vibrations sonores se fait avec un excellent rendement, au point que cet appareil peut être considéré comme un véritable amplificateur mécanique. La reproduction des sons (musique ou parole) est mathématiquement exacte dans toutes leurs variations, leurs nuances et leurs complexités.

L'appareil joue dans toutes les tonalités, automatiquement, sans aucun dispositif de correction, ce qui est d'une importance capitale ; dans la reproduction des ensembles, chaque instrument conserve son timbre propre et se trouve intégralement reproduit.

En outre, les sons sont diffusés dans tous les sens, au lieu d'être surtout projetés dans une direction.

Ajoutons que le « Disc » s'adapte parfaitement aux récepteurs les plus puissants du genre des postes à

changement de fréquence et que leur puissance permet de moins pousser l'amplification haute et basse fréquence. Le bruit de fond se trouve alors annulé.

Une installation complète de T. S. F. dans un meuble

LES ÉTABLISSEMENTS MERLAUD ET POITRAT, spécialisés dans la construction des appareils récepteurs d'une présentation luxueuse et d'une grande simplicité de réglage, viennent de mettre au point un nouvel appareil, « le Select-Hétérodyne », licence L. L., qui nous paraît mériter une attention toute spéciale en raison de sa conception heureuse, tant au point de vue réglage que présentation.

C'est un récepteur du montage dit « à changement de fréquence » et comprenant huit lampes : une bigrille détectrice et hétérodyne, trois moyenne fréquence à transformateur à secondaire accordé (type breveté), une détectrice et trois basse fréquence montées en Push Pull, ce qui assure à ce poste une très grande puissance alliée à une netteté absolue.

La réception se fait sur un petit cadre invisible placé à l'intérieur du meuble et commandé par un petit volant figurant la rose des vents. Ce volant est situé près des autres commandes de l'appareil, au bas du panneau.

Les différentes gammes de longueur d'ondes sont commandées, tant pour le cadre que pour les autres circuits de l'appareil, par un unique contacteur automatique à trois positions (petites ondes, moyennes et grandes). Le réglage de l'accord est complété par deux condensateurs « Square Law », dont les cadrans sont étalonnés à l'avance, permettant, par leur grande dimension, le repérage très précis des postes émetteurs. L'inscription sur le cadran lui-même désigne les stations reçues. Ces cadrans défilent derrière les fenêtres visibles sur le cliché.

L'allumage et l'extinction des lampes sont

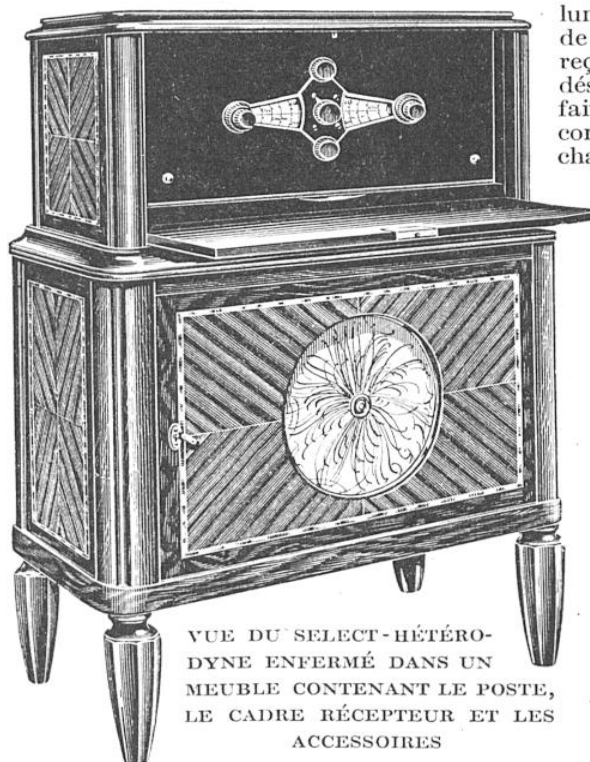
obtenus au moyen d'un bouton-poussoir. Un second bouton-poussoir permet de supprimer une des trois lampes du montage basse fréquence et de fonctionner ainsi sur sept lampes, ce qui suffit dans la plupart des cas. Il est à remarquer que l'étage supprimé est, alors, non pas l'étage équilibré à deux lampes, mais le premier étage qui se compose d'une seule lampe montée sur le transformateur d'entrée. Le fonctionnement se fait donc toujours sur l'étage symétrique (Push Pull), qui conserve, par cela même, la pureté de ce genre de montage.

Un bouton dit « volume de son » permet de donner à l'audition reçue toute la finesse désirée et contrôle, de fait, ce que l'on appelle communément « l'accrochage ».

En résumé, pour régler ce poste, il suffit : 1° d'allumer les lampes, en tirant le bouton ; 2° de placer le cadre dans la direction du poste désiré, au moyen de la rose des vents marquée Nord, Sud, Est et Ouest et divisée en degrés ; 3° d'amener l'index du contacteur sur la gamme de la longueur d'ondes désirée (1, petites ondes ; 2, moyennes ondes ; 3, grandes ondes) ; 4° d'amener le cadran des deux condensateurs sur la longueur d'ondes désirée ; 5° de parfaire l'audition, si besoin est, au moyen du bouton « volume

de son ». Le réglage est donc très simple.

Cet appareil est construit dans un meuble en acajou ou loupe d'orme, d'une élégance parfaite ; un panneau, agrémenté de marquetterie, vient, à propos, dissimuler complètement son usage et, fermant à clé, empêche toute manœuvre intempestive. Le soubassement de ce meuble renferme le cadre, le haut-parleur ainsi que l'alimentation complète, qui se fait à volonté, soit sur le secteur électrique, soit sur accumulateurs. Dans ce cas, un chargeur, avec tableau et appareils de mesure, permet de les charger au moyen d'un inverseur, évitant ainsi tout transport, branchement et débranchement, ainsi que les risques qui en résultent. J. M.



VUE DU SELECT-HÉTÉRODYNE ENFERMÉ DANS UN MEUBLE CONTENANT LE POSTE, LE CADRE RÉCEPTEUR ET LES ACCESSOIRES

LES A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Un réveil incassable

JE recevais, il y a quelques semaines, la visite de M. Brière, qui me dit, aussitôt introduit dans mon bureau :

— Je viens vous présenter une invention qui me paraît de nature à intéresser les lecteurs de votre belle revue.

En même temps, il plaçait sur le coin de ma table un petit réveil d'un aspect élégant et entouré d'un socle marbré que je pris, au premier aspect, pour du marbre, du bois, ou pour une composition ordinaire. Mais, à ma stupéfaction, M. Brière, d'un geste négligent, envoya rouler le réveil sur le parquet, où il rebondit comme une balle. Comme je me précipitais pour le ramasser, déplorant cet accident, M. Brière sourit et me rassura en me faisant écouter le tic-tac régulier du balancier. L'expérience fut recommencée, toujours avec succès.

Ayant pris alors l'objet en mains, je constatais que ce que j'avais cru d'abord être une matière dure, était tout simplement du caoutchouc.

En effet, le socle dans lequel est inséré le réveil nous montre une nouvelle application de cette précieuse matière élastique. Sa forme a été étudiée pour que, quelle que soit la position du réveil au moment où il rencontre le sol, le choc se produise par l'intermédiaire d'un bourrelet souple. Notre photographie montre nettement le bourrelet situé à l'avant du réveil. A l'arrière, la partie de ce socle qui entoure le réveil se prolonge de quelques millimètres pour que les commandes du mouvement, du réveil, des aiguilles, soient également à l'abri de tout heurt si, par un hasard assez peu probable, le réveil tombait à plat sur sa face arrière.

Quel que soit le modèle choisi : pendulette, réveil ordinaire, réveil lumineux, on peut donc, sans crainte d'accident, le placer à

portée de la main, aussi bien pendant la nuit que pendant le jour.

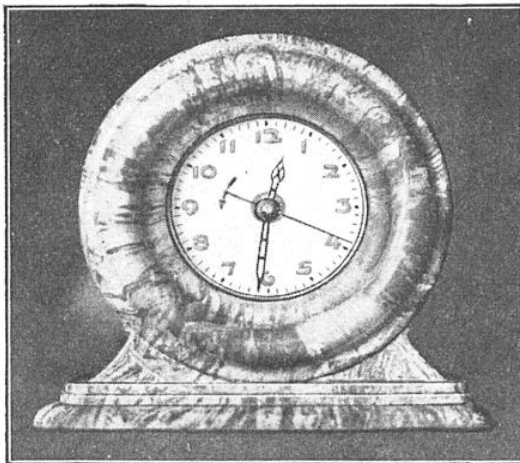
Ménagères, économisez votre temps et votre argent

LES aliments cuisent dans l'eau bouillante. C'est là un fait bien connu. L'eau qui bout à la pression atmosphérique normale est à une température de 100 degrés.

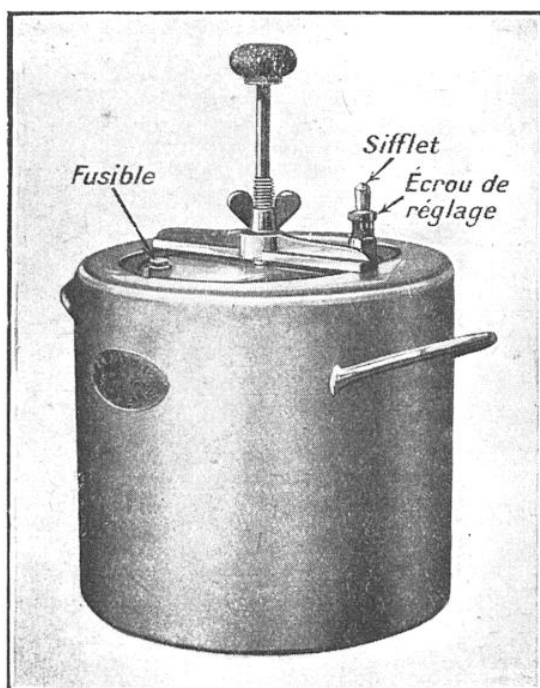
ou très voisine. Il est évident que, sur les montagnes, où la pression est beaucoup plus faible, cette température est moins élevée. Pour accélérer la cuisson des aliments, on a songé à utiliser une température plus élevée. Pour résoudre ce problème, il suffisait de songer à la fameuse marmite de Papin, qui servit de base à la machine à vapeur actuelle. En faisant chauffer de l'eau en vase clos, la pression de la vapeur augmente et l'eau ne se met à bouillir qu'au-dessus de 100 degrés. Naturellement, il faut prévoir un dispositif de sécurité pour ne pas faire éclater la marmite.

Notre photographie représente un appareil de ce genre, en tôle d'acier, éprouvé à une pression de 15 kilogrammes par centimètre carré. Une soupape réglable permet de faire varier la pression intérieure de 1 à 3 kilogrammes environ. Lorsque la vapeur dépasse la pression indiquée, elle s'échappe à travers un sifflet. En outre, on a prévu, pour le cas où la soupape ne fonctionnerait pas, un fusible fondant lorsque la pression de la vapeur atteint 5 kilogrammes. La sécurité est donc complète.

Le mode d'emploi de cette marmite est, d'ailleurs, très simple. Après avoir dévissé l'écrou à oreilles du couvercle, on fait tourner la barrette transversale et il suffit de faire basculer le couvercle pour l'enlever. On place alors les aliments à l'intérieur, avec l'eau strictement nécessaire, puisque aucune éva-



ON PEUT, SANS CRAINTE D'ACCIDENT, LAISSER TOMBER CE RÉVEIL ENTOURÉ DE TOUTES PARTS D'UN SOCLE EN CAOUTCHOUC QUI LE PROTÈGE CONTRE LES HEURTS



CETTE MARMITE, OU LES ALIMENTS CUISENT SOUS PRESSION, PERMET DE RÉDUIRE CONSIDÉRABLEMENT LE TEMPS NÉCESSAIRE À CETTE CUISSON

poration ne se produit, en ayant soin que le niveau reste un peu en dessous du point d'attache des anses. On replace le couvercle ; on visse l'écrou, on règle la soupape en mettant l'index qu'elle porte en face de la graduation 1, 2 ou 3, suivant la qualité des aliments à cuire, et on met le tout sur le gaz. Le fonctionnement du sifflet indique la fin de la cuisson des aliments. Pour un pot-au-feu par exemple, cette cuisson n'excède pas 30 minutes. On éteint donc le gaz et on attend pendant un temps égal à celui de la cuisson. Celle-ci continue d'elle-même, car la pression est encore supérieure à celle de l'atmosphère. Il suffit alors de dévisser de quelques tours l'écrou à oreilles. Lorsque la pression a suffisamment baissé, le couvercle se déclenche de lui-même.

Une expérience facile à faire montre que la cuisson continue toute seule. Si l'on enlève le couvercle avant que la pression soit tombée, on voit le liquide se remettre à bouillir.

L'économie de combustible est, on le voit, très grande, puisque le gaz, par exemple, n'a dû brûler que pendant la première partie de la cuisson.

Ajoutons que la soupape se démonte aisément, condition essentielle, car on doit veiller à sa propreté pour être sûr d'un fonctionnement parfait.

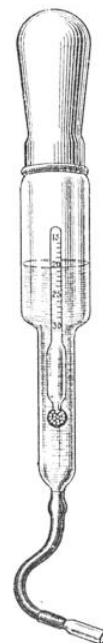
Pour mesurer aisément et rapidement la densité d'un liquide difficilement accessible

Tout le monde sait, aujourd'hui, l'importance de la mesure de la densité de certaines solutions. L'électrolyte d'un accumulateur chargé doit être de 28 à 30 degrés *Baumé*. Cela signifie que, si l'on place dans ce liquide un petit appareil formé d'un tube de verre convenablement lesté à sa partie inférieure et gradué au préalable, cet appareil ne s'enfoncera que jusqu'à la division 28 ou 30. Dans un autre ordre d'idées, on sait que la densité de l'essence est étroitement liée à ses qualités. L'essence pour avion est plus légère que l'essence de tourisme, elle-même moins lourde que l'essence dite « poids lourd ». Naturellement, le flotteur doit correspondre au liquide examiné.

Il paraît donc très facile de se rendre compte de la densité de l'électrolyte d'un accumulateur ou de celle de l'essence contenue dans un réservoir. Mais il est impossible d'introduire entre les plaques d'un accumulateur un appareil comme celui que nous avons signalé. Il en est de même pour le réservoir d'essence, où toute lecture est impossible, à moins qu'il ne soit absolument plein. Faut-il donc vider l'accumulateur ou faire couler de l'essence par le carburateur ? Non, car on a imaginé un dispositif très simple permettant de faire une prise de liquide, de mesurer la densité et de remettre en place le liquide prélevé.

Le dessin ci-contre montre le dispositif pour un accumulateur. Il se compose d'une pipette-réservoir, dans laquelle on met le flotteur approprié au liquide à examiner. Cette pipette est munie, à sa partie supérieure, d'une poire en caoutchouc et se termine, à sa partie inférieure, par un tube de caoutchouc dans lequel est engagé un petit tube de verre plat.

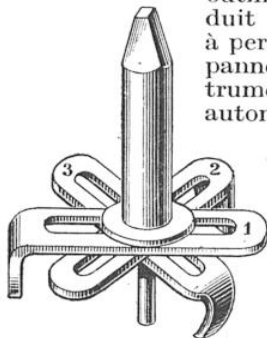
Tenant la pipette verticale par le réservoir inférieur, on enfonce le tube dans le liquide et on en aspire une certaine quantité au moyen de la poire en caoutchouc, comme l'on fait avec un compte-gouttes ordinaire. On replie le tube de caoutchouc sur lui-même afin d'éviter toute perte de liquide et on peut lire instantanément la graduation à laquelle s'arrête l'enfoncement du flotteur. Le titrage est terminé. On peut immédiatement remettre le liquide prélevé dans son récipient d'origine en pressant la poire en caoutchouc.



LA
PIPETTE
DENSITÉ-
MÈTRE

Un outil pratique et précis pour percer des trous de différents diamètres

LORSQU'ON désire percer un trou dans une matière quelconque, métal, ébène, fibre, etc., on commence ordinairement par tracer un cercle du diamètre voulu, puis on perce une série de trous rapprochés aussi près que possible du cercle, et, après avoir fait sauter la partie découpée, il faut enlever les bavures à la lime. C'est là, évidemment, un travail très long pour un mécanicien qui ne possède pas un outillage puissant et coûteux. Dans les garages notamment, où l'on ne dispose que d'un outillage relativement réduit et où on a souvent à percer des trous dans les panneaux portant les instruments de contrôle d'une automobile, ce travail est une cause de perte de temps.



CET OUTIL PERMET DE PERCER FACILEMENT DES TROUS DANS LE MÉTAL, L'ÉBONITE, ETC.

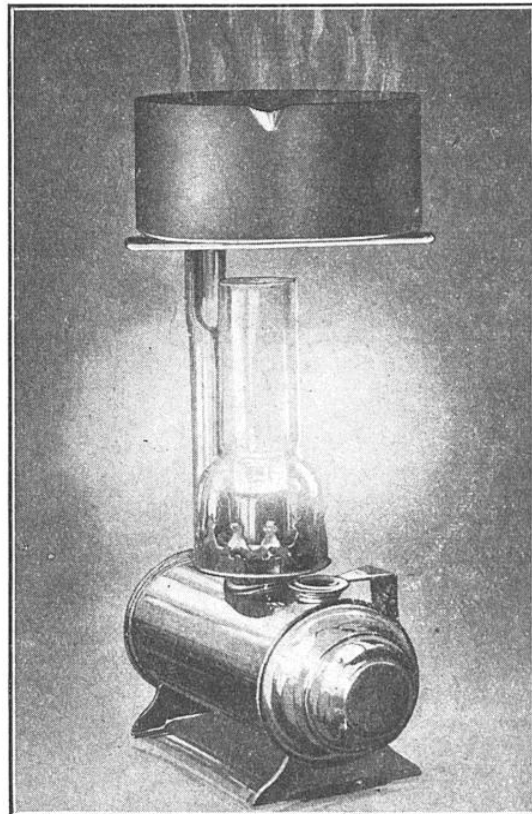
est taillée suivant six faces, peut recevoir trois lames en acier trempé, qui se placent en étoile, comme l'indique notre dessin. Ces lames sont évidées dans le sens de leur longueur, de sorte qu'elles peuvent coulisser sur l'axe. Chaque lame est recourbée et se termine par une partie très dure, destinée à mordre dans la matière à percer. Les becs de ces lames étant d'inégale hauteur, on doit suivre l'ordre indiqué, 1, 2, 3, pour les placer sur l'appareil.

Après avoir disposé les lames, on les fait coulisser jusqu'à ce que le cercle décrit autour de l'axe par le bec ait un diamètre égal à celui du trou à percer. On les bloque en serrant l'écrou prévu à cet effet et l'appareil est prêt à servir. Pour le guider sûrement, on commence par percer un petit trou de 5 millimètres de diamètre dans lequel on engage la partie terminale de l'axe. Il suffit de fixer le dispositif à la machine à percer ou au vilebrequin pour découper rapidement et proprement le trou du diamètre désiré.

Ajoutons qu'une fois démonté, cet appareil, enfermé dans un petit étui, se porte aisément dans une poche de gilet.

Cette lampe-réchaud chauffe et éclaire en même temps

MALGRÉ les progrès de l'électrification, qui fait pénétrer de plus en plus l'énergie dans les coins les plus reculés des campagnes, il faut convenir qu'un grand nombre d'appartements des villes et des villages n'ont pas encore l'électricité. La même remarque s'impose pour le



CETTE LAMPE-RÉCHAUD EST A LA FOIS UN BON APPAREIL D'ÉCLAIRAGE ET DE CHAUFFAGE

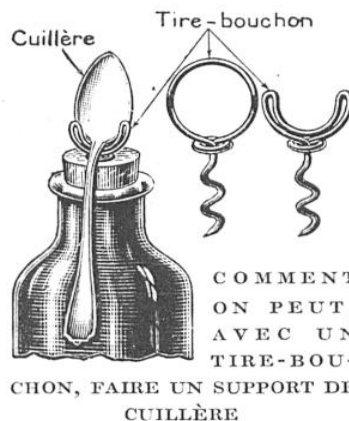
gaz, qui, en raison des installations importantes et onéreuses imposées par sa fabrication, n'est répandu que dans les villes. Nombreuses sont donc les personnes qui ont encore recours au feu de bois ou de charbon, aux réchauds à pétrole, pour préparer leurs aliments, et aux lampes à pétrole ou à essence pour s'éclairer.

Combinaison en un seul appareil le chauffage et l'éclairage, tel est le but recherché et atteint par la lampe-réchaud représentée par notre photographie. Très simple, cet appareil se compose d'un réservoir à pétrole qui forme le socle de la lampe. Le réservoir est traversé, en son centre, par un tube vertical

autour duquel est placée une mèche cylindrique que le pétrole imbibé par capillarité. A la partie supérieure, la mèche est entourée d'un deuxième tube, que l'on peut élever ou abaisser en faisant tourner la galerie destinée à supporter le verre. D'un côté du tube central se trouve le bouchon de remplissage ; de l'autre, un petit tube destiné à recevoir le support sur lequel sera placé le récipient à chauffer.

Brûlant les gaz de pétrole sans aucune pression, cet appareil est sans danger. Il est, évidemment, indérégable et robuste. La flamme, très blanche, éclaire parfaitement et sa température, voisine de 2.000 degrés, d'après le constructeur, en fait un réchaud susceptible de porter de l'eau en ébullition en dix minutes, avec une consommation de 5 centimes par heure.

Pour l'allumer, après avoir enlevé le verre, on découvre la mèche en abaissant la galerie ; en remontant cette galerie, on règle ensuite la flamme jusqu'à ce qu'elle soit entièrement blanche. La mèche doit être toujours tenue exactement au niveau du tube inférieur. Cette mèche est, d'ailleurs, facile à changer lorsqu'elle n'est plus assez longue.



Un tire-bouchon se transforme aisément en support de cuillère

IL arrive fréquemment que l'on se serve de la même cuillère pour un même flacon, soit que celui-ci renferme des solutions pouvant être dangereuses, soit qu'il contienne un sirop dont on prend une certaine quantité plusieurs fois par jour. S'il est tout naturel de conserver la cuillère à côté du flacon, on peut être embarrassé pour la poser sur un support propre et commode. Un simple tire-bouchon à anneau peut se transformer très aisément en un support pratique et facile à nettoyer. Il suffit de recourber, au moyen de pinces, comme l'indique notre dessin, la partie supérieure de l'anneau pour l'appliquer contre la partie inférieure. En plaçant la cuillère de façon que son extrémité élargie vienne s'appuyer sur les côtés du dispositif vissé dans le bouchon, elle se trouve maintenue d'une façon parfaite. Rien de plus facile aussi que de la mettre à l'abri des poussières en la recouvrant d'un cornet de papier, ou en enfermant le flacon dans un placard.

Comment on conçoit la précision en horlogerie

LES chronomètres de précision sont étudiés dans des observatoires spéciaux, qui les examinent à différents points de vue et suivant certaines formules. A l'observatoire de Kew-Teddington, la formule employée donne, pour un chronomètre idéal, évidemment irréalisable, un total de 100 points. On ne s'imagine guère les efforts faits par les constructeurs pour se rapprocher de cette limite. D'ailleurs, cette formule ne

tient pas compte de certains facteurs impossibles à mesurer, tels que changements atmosphériques, erreurs dues à l'observateur, etc., de sorte que M. Guillaume a calculé qu'une montre de réglage parfait ne saurait dépasser le total de 98,5 points. Dès 1891, un chronomètre de bord obtint, pour la première fois, le total de 91,6, qui ne fut dépassé qu'une fois, jusqu'à 1902, de 3/10^e de point. Deux ans plus tard, on réalisa 94,9 points, grâce à l'application de l'invar du balancier. Il fallut ensuite vingt ans pour gagner 2 points, et, en 1924, on atteignit 97

points. A partir de ce moment, l'avance devient très lente et ne se chiffre que par dixièmes de point, et même certains reculs furent enregistrés.

Un nouveau bond vient d'être cependant réalisé par un chronomètre Zénith, qui a obtenu, en octobre dernier, le total de 97,2 points, maximum atteint jusqu'ici. Ce chronomètre n'a pas varié de plus de 0,07 seconde pendant quarante-cinq jours d'observation, aussi bien à l'étuve que dans la glacière, et quelle que soit sa position.

Adresses utiles

pour les « A côté de la Science »

Réveil incassable : M. BRIÈRE, 18, rue Michel-de-Bourges, Paris (20^e).

Marmite parisienne : 29, rue Mathis, Paris (19^e).

Pour mesurer la densité des liquides : Aspiro EVIÈS, 26, rue Saint-Gilles, Paris (3^e).

Outil à percer les trous : M. DULAURENS-PRETCEILLE, 3, rue Céline-Dubois, Montreuil (Seine).

Lampe réchaud : C. I. E. F. A., 66, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (9^e).

**LA SCIENCE ET LA VIE est le seul magazine
DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE**

UNE LAMPE PORTATIVE A VAPEUR DE MERCURE POUR LES PHOTOGRAPHES

On peut dire, sans exagération, que la seule lumière artificielle vraiment pratique pour le photographe, professionnel ou amateur, comme pour le photographeur, est celle que donne la lampe à vapeur de mercure, très riche, comme on sait, en radiations violettes, indigo, bleues et vertes. Pour cette raison, elle donne, à consommation égale, une actinicité de six à huit fois plus grande qu'une lampe à incandescence ordinaire.

Le seul inconvénient que ces lampes présentaient jusqu'ici, était leur encombrement. Parfaites dans le studio du photographe professionnel, dans ceux équipés pour les prises de vues cinématographiques, elles n'étaient pas utilisables ailleurs. C'est-à-dire par l'opérateur en déplacement dans un atelier, une usine, un hôpital, une clinique, à plus forte raison dans un salon. C'était une grosse lacune, que la *Verrerie Scientifique* vient de combler, en construisant une installation portable, que tout photographe, même l'amateur, peut transporter en même temps que son appareil de prises de vues.

La lampe, de dimensions aussi réduites que possible, est constituée par un simple tube en S, ayant, par conséquent, une grande surface d'émission. Elle peut être installée sur le sol, sur un meuble ou sur un pied d'appareil photographique ordinaire, selon la disposition des locaux à photographier ou les effets à obtenir si l'on opère sur des personnages dans une chambre. Dans un atelier, une pièce, déjà éclairés à la lumière du jour, on placera la lampe portable tout près du sujet et de côté, l'autre côté étant éclairé par une sur-

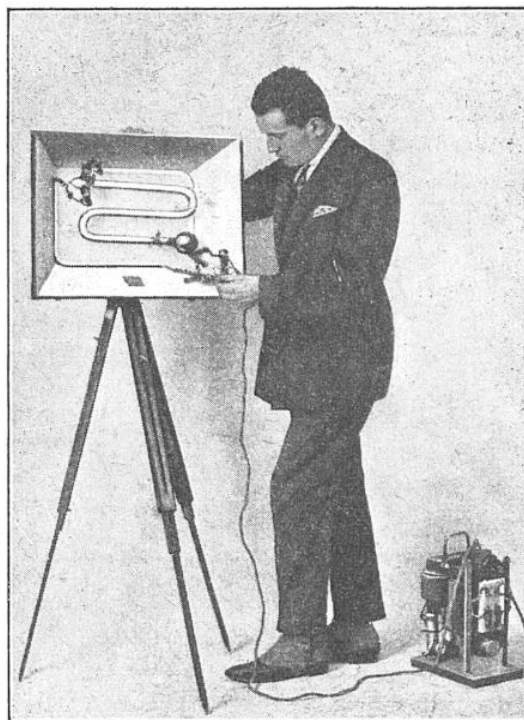
face blanche formant réflecteur. On peut également créer l'ambiance en plaçant la lampe en face du sujet, assez loin et à une certaine hauteur. Naturellement, la même lampe peut servir pour la photographie de documents, pour l'éclairage de la lanterne d'agrandissement et aux lieux et places du magnésium dans toutes ses applications.

La lampe est nécessairement accompagnée d'un transformateur qui se branche sur une prise de courant ordinaire. Cet appareil peut être à courant continu ou à courant alternatif; on en construit qui fonctionnent sur le courant continu et sur le courant alternatif pour les cas où l'opérateur ignore la nature du courant qu'il est appelé à utiliser au cours de ses déplacements. Il suffit que la canalisation comporte un compteur de 5 ampères.

Comme les deux appareils sont fort peu encombrants et d'un prix d'achat abordable, le photographe amateur peut les utiliser pour exécuter tous les travaux photographiques qu'il lui plaît, et dans d'aussi bonnes conditions que le professionnel le mieux outillé.

On voit quel rôle important la lampe à vapeur de mercure

portative est appelée à remplir dans tous les milieux photographiques. D'ailleurs, de nombreux industriels, se rendant compte qu'il était de leur intérêt d'organiser un studio où ils puissent effectuer eux-mêmes la photographie de tous les nouveaux modèles au fur et à mesure de leur apparition ou des transformations qu'ils subissent, ont fait appel aux nouvelles lampes à vapeur de mercure, qui s'adaptent à tous les besoins.



LA NOUVELLE LAMPE A VAPEUR DE MERCURE
POUR LA PHOTOGRAPHIE

Cette lampe, portable, peut accompagner l'opérateur dans ses déplacements.



VUE D'ENSEMBLE DES STATUES SITUÉES AU SOMMET DU CLOCHER DE VILLEMOMBLE (PRÈS PARIS) ET QUI ONT ÉTÉ SCULPTÉES A FRESQUE DANS LE BÉTON ARMÉ

COMMENT ON SCULPTE A FRESQUE LE BÉTON ARMÉ

QUE diraient les sculpteurs de cathédrales du XIII^e siècle s'ils étaient subitement mis en présence du clocher que M. Paul Tournon vient de terminer à Villemomble, dans la banlieue de Paris ?

En béton armé, ce clocher n'a, lui-même, rien de particulier; sa hauteur, de 54 mètres, est même assez modeste si on la rapproche de cette tour de 200 mètres que M. Auguste Perret proposait, dans son projet, pour l'église votive de Jeanne d'Arc. Mais la flèche du clocher de Villemomble présente un intérêt technique de premier plan. Elle mesure 18 mètres et, massive, forme un bloc de statues colossales adossées. Ces statues ont été sculptées (non pas moulées) en plein béton armé.

Le béton employé comportait 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable. Les « masses-enveloppes » des futures sculptures, calculées

sur une maquette au vingtième, étaient obtenues par des coffrages polyédriques, en planches, suivant la méthode ordinaire.

Au décoffrage, environ douze heures après la coulée, le sculpteur se mettait à l'ouvrage. Par temps sec, il n'avait que sa journée

devant lui pour réaliser son travail. Le lendemain, le ciment eût été durci et le burin n'aurait pu l'entamer convenablement.

Tranche par tranche, la sculpture du bloc entier fut ainsi menée à bien. Pour la première fois, venait d'être réalisée la sculpture à fresque, technique analogue à celle de Michel-Ange, par exemple, couvrant de peintures le mortier frais des murs de la chapelle Sixtine.

Cette audacieuse réussite d'un architecte secondé par un sculpteur de talent, M. Sarrazzolles, consacre désormais la valeur esthétique du béton armé, cet admirable matériau créé, voici quatre-vingts ans, par un jardinier français, Monnier, désireux de construire, ce jour-là, un pont rustique économique, dans un parc.

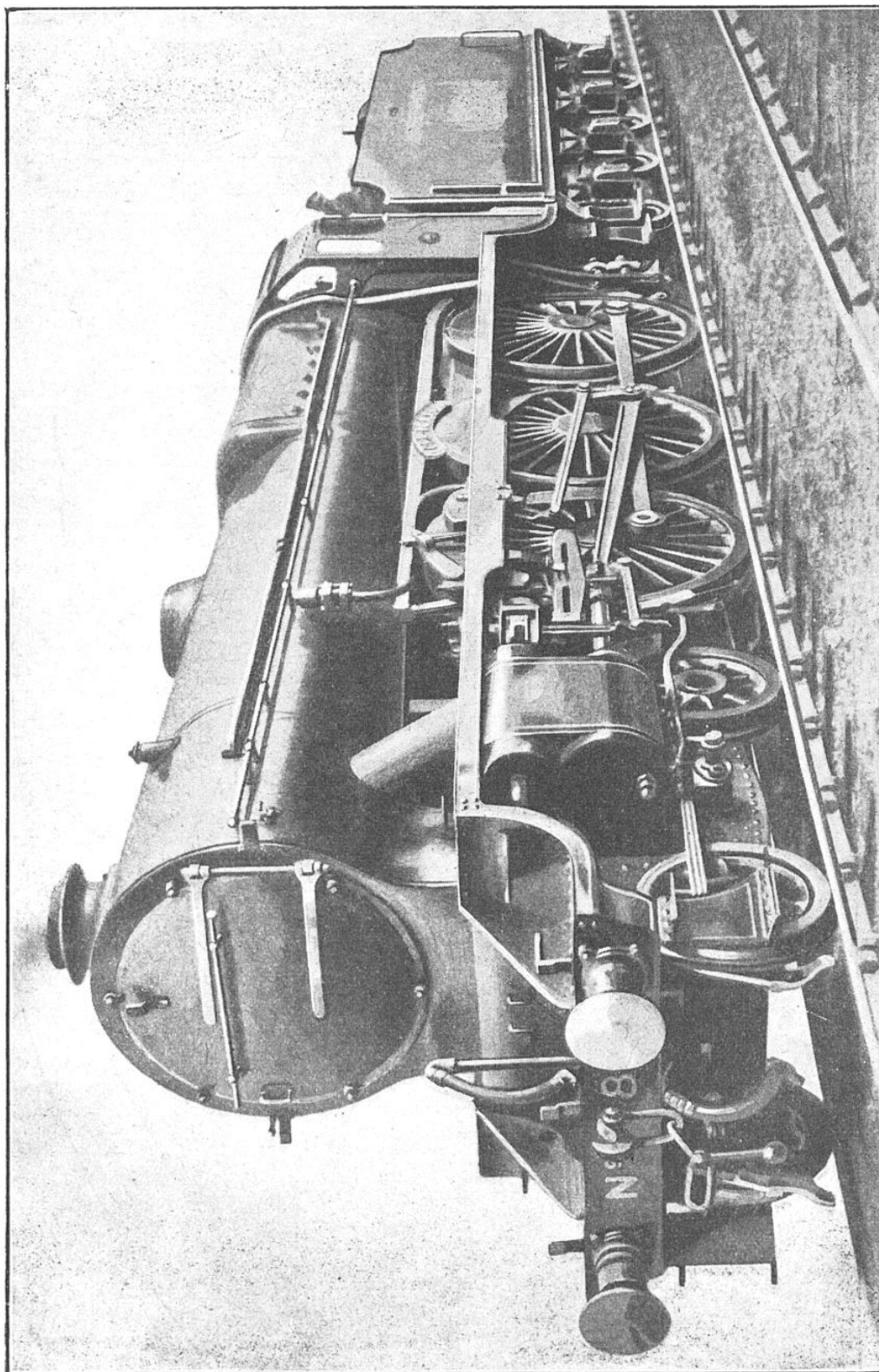
Le béton armé nous a déjà émerveillés par les prouesses d'architecture qu'il a permis de réaliser, aussi bien dans la construction des immeubles, qui peuvent être édifiés à une allure étonnante, que dans les travaux publics. Cette nouvelle application nous montre que ce matériau se prête aussi bien que tout autre à la décoration.

J. L.



LE SCULPTEUR CARLO SARRAZZOLLES TRAVAILLANT
« A FRESQUE » UNE STATUE COLOSSALE DU CLOCHER DE
VILLEMOMBLE

d'architecture qu'il a permis de réaliser, aussi bien dans la construction des immeubles, qui peuvent être édifiés à une allure étonnante, que dans les travaux publics. Cette nouvelle application nous montre que ce matériau se prête aussi bien que tout autre à la décoration.



VUE GÉNÉRALE DE LA PLUS PUISSANTE LOCOMOTIVE A VAPEUR ANGLAISE A QUATRE CYLINDRES. ELLE EST CAPABLE DE REMORQUER LES TRAINS DE VOYAGEURS DE 500 TONNES, A LA VITESSE COMMERCIALE DE 90 KILOMÈTRES A L'HEURE

A TRAVERS LES REVUES

AVIATION

ÉVOLUTION DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE DES AVIONS, *par Michel Wibault.*

L'avion dérive du cerf-volant et tend vers la formule transatlantique. Cette évolution a suivi naturellement de grandes étapes, où on peut remarquer que la construction métallique s'est peu à peu substituée à l'emploi du bois.

Après avoir indiqué les défauts du bois, M. Wibault étudie les avions métalliques à revêtements en toile, puis il montre les avantages des avions entièrement métalliques, ne comportant ni bois ni toile. De nombreuses difficultés ont dû être surmontées pour aboutir à une solution pratique : difficulté de construction, d'entretien, de réparation, poids trop élevé ou complication excessive de construction pour obtenir une légèreté suffisante. On y est cependant parvenu, grâce aux progrès de la métallurgie et aux études des constructeurs.

« *Bulletin de la Chambre syndicale des Industries aéronautiques* » (4^e année, n° 3).

CHEMINS DE FER

L'AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE ET SON PREMIER CHEMIN DE FER, DE BRAZZAVILLE À POINTE-NOIRE, *par Jean-Marc Bel.*

Depuis 1885, c'est-à-dire depuis que de Brazza a acquis le Congo pour la France, on a poursuivi les études du pays, aux divers points de vue militaire, scientifique, industriel et économique.

Mais la mise en valeur de l'Afrique équatoriale française n'est pratiquement possible que si une voie ferrée relie le Stanley-Pool (lac au bord duquel se trouve Brazzaville) à l'océan Atlantique. En effet, si le fleuve Congo et ses affluents forment de magnifiques voies fluviales, très aisément navigables sur plusieurs milliers de kilomètres à l'intérieur du continent africain, cette navigabilité cesse en aval du Stanley-Pool. M. Bel, qui fut chargé de mission au Congo, fut conduit à étudier de près cette question d'une voie ferrée à travers notre colonie. Dans cet article, il indique en détail divers projets et comment on a été amené à choisir la Pointe-Noire, sur l'Atlantique, comme tête de ligne et port maritime.

L'état d'avancement des travaux était, fin 1925 : 80 kilomètres à partir de Brazzaville et 60 kilomètres à partir de Pointe-Noire. Le parcours total étant de 540 kilomètres, il reste encore 400 kilomètres à construire. Il semble que, si les crédits ne font pas défaut, la ligne puisse être terminée dans quatre ans.

« *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* » (125^e année, n° 11).

AUTO-TREMPE ET ÉCROUissage SUPERFICIELS DES RAILS EN SERVICE, *par M. Sabouret.*

Il y a dix-huit ans, un accident survenu à Grisolles, sur la ligne de Cette à Bordeaux, où un train express dérailla sur une fosse dont un rail se rompit en vingt et un morceaux, amena les techniciens à rechercher les causes de cette rupture d'un rail qui ne présentait que très peu d'usure, bien qu'il fût en service depuis vingt-cinq ans sur une ligne très fréquentée. On remarqua que la couche superficielle était

durcie sur une faible épaisseur. Ce durcissement fut attribué au patinage des roues des locomotives qui s'arrêtaient au-dessus de la fosse.

S'agissait-il d'un écrouissage du métal ou d'une auto-trempe par suite de la chaleur dégagée par le patinage des roues?

Les remèdes préconisés consistent, d'une part, à diminuer le patinage des roues et l'application du frein continu aux trains de marchandises en supprimant l'enrayage des roues produit parfois par l'usage de la contre-vapeur, soit par la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication des rails. Un acier moins carburé et un peu plus manganésé que l'acier à rails ordinaire et moyennant un traitement thermique approprié, permettra d'obtenir des rails peu fragiles, ne trempant pas, résistants et élastiques.

« *Revue générale des Chemins de fer* » (45^e année, n° 5).

MÉTALLURGIE

NOUVEAU PROCÉDÉ D'ORNEMENTATION DE L'ALUMINIUM, *par Léon Guillet.*

Dans une récente séance de l'Académie des Sciences, M. Guillet, membre de l'Institut, a présenté une intéressante communication sur un nouveau procédé d'ornementation de l'aluminium et des alliages riches en ce métal. Il produit sur les objets une série de veines d'un brun très foncé, plus ou moins larges et du plus heureux effet. Le reproche que l'on fait généralement à l'aluminium d'être d'un gris terne tombe donc et ce nouveau procédé doit permettre un plus grand développement de l'industrie de ce métal.

Ce phénomène, découvert par M. Pacz, a été étudié systématiquement par M. Guillet ; le procédé consiste à plonger le métal dans une solution aqueuse contenant pour 4 litres d'eau : 5 grammes de fluosilicate de sodium ; 10 grammes de sulfate de nickel cristallisé ; 25 grammes d'azotate de potassium. On opère à 70 degrés.

Les lignes obtenues dépendent non seulement de la composition, de la concentration et de la température du bain, mais encore du mouvement des pièces. Grâce à la façon dont le liquide entre en contact avec le métal, on se rend maître du dessin dans une certaine mesure.

Il est très probable qu'il s'agit d'un dépôt de nickel pulvérulent qui s'oxyde rapidement dans le bain même.

« *Compte rendu de séance de l'Académie des Sciences* » (tome 184, n° 3).

TRAVAUX PUBLICS

LES TRAVAUX DU HUITIÈME LOT DE LA LIGNE MÉTROPOLITAINE N° 10, *par M. Deniau.*

Les travaux de construction de la ligne n° 10 du chemin de fer métropolitain de Paris, ligne qui doit relier la place de la Bastille aux Invalides et dont la partie Invalides-Odéon est actuellement achevée, ont été des plus difficiles, surtout sous le boulevard Saint-Germain. Un ouvrage spécial de superposition des lignes 4 et 10 a dû être étudié, en raison des conditions particulièrement délicates en face desquelles les techniciens se sont trouvés. En effet, en ce point, il y a deux étages de voies superposées, compor-

tant trois voies au niveau inférieur (ligne n° 4 et raccordement du service établi entre les deux lignes 4 et 10) et deux voies (ligne n° 10) au niveau supérieur.

M. Deniau indique, dans cet article, comment ont été exécutés les travaux nécessaires pour la construction de cet ouvrage. Aucun incident fâcheux ne troubla l'exécution du travail. Ces incidents étaient cependant à craindre pendant la construction des voûtes au milieu d'un terrain très ébouleux et en raison de la circulation des tramways, qui ne fut pas arrêtée et qui ébranlait les boisages et desserrait les coins.

« *La Technique moderne* » (tome XIX, n° 2).

DIVERS

LE SUCRE D'ÉRABLE, par A.-C. Guillaume.

L'érable, arbre ou arbrisseau des régions froides, croît également sous notre climat. Parmi les variétés de cet arbre, il en est deux ou trois dont la sève est assez riche en sucre cristallisable pour faire l'objet d'une exploitation rémunératrice. En 1925, cette industrie a donné lieu à un chiffre d'affaires de 5 millions de dollars pour le Canada. La province de Québec a fourni la moitié

(10.000 tonnes) de la récolte totale annuelle.

La sève ou eau d'érable est recueillie aux premiers jours du printemps; elle s'écoule dans des pots, que l'on vide dans des récipients plus grands pour apporter la sève au lieu d'exploitation. L'installation du « sucrier » est établie provisoirement au milieu d'une clairière. C'est un simple chaudron, dans lequel on fait évaporer la sève par ébullition.

Les exploitations rationnelles de l'érable sont autrement outillées, et M. Guillaume indique dans cet article comment on perfore l'arbre pour en extraire la sève, comment, par un système de tuyaux, on recueille cette sève dans un collecteur. Une érableière en exploitation contient environ 200 à 300 arbres « entaillés » à l'hectare. Certaines précautions sont nécessaires pour obtenir le maximum de sève. Pour obtenir le sucre, il faut faire subir à la sève deux évaporations, séparées par un filtrage.

Des études ont montré que certaines régions des Alpes, du Jura pourraient convenir à cette industrie, mais aucune exploitation rationnelle n'a été entreprise.

« *Larousse mensuel* » (n° 239).

A NOS LECTEURS. — Eugène Turpin, l'inventeur de la mélinite (acide picrique fondu), vient de mourir. Nos lecteurs se souviennent que cet illustre chimiste a écrit dans *La Science et la Vie*, nos 19 et 20, des articles sur les explosifs, qui furent, à l'époque, très remarquables. Eugène Turpin ne fut pas un savant au sens véridique du mot, mais surtout un génial chercheur, dont l'esprit inventif se manifesta à plusieurs reprises par des découvertes, dont les applications furent considérables. Entre autres, ses recherches sur les colorants inoffensifs des jouets et ses préparations d'explosifs puissants qui, on peut le dire sans exagération, marquèrent une étape dans l'évolution des moyens de combat. Il y a lieu également de signaler que ce chercheur infatigable avait proposé, bien avant le canon de 75, l'utilisation du recul pour la remise en batterie automatique.

A PROPOS DE L'ARTICLE SUR LA FABRICATION DES MONTRES

M. Trincano, directeur de l'École Nationale d'Horlogerie de Besançon, et M. Grossmann, ingénieur à cet établissement, nous demandent de bien vouloir faire savoir à nos lecteurs qu'ils sont complètement étrangers à la rédaction de l'article sur la fabrication de la montre, publié dans le numéro de *La Science et la Vie* de janvier 1927. Ils se sont simplement contentés de documenter impartialement notre collaborateur sur la fabrication française, sans s'immiscer en quoi que ce soit dans la fabrication étrangère.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 55 fr.
chis.....	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Dantzig, République Dominicaine, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Guyane, Honduras, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie, Japon, Nicaragua, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Siam, Suède, Suisse.

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an... 100 fr.
chis.....	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois.. 50 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 90 fr.
chis.....	{ 6 mois... 36 —		{ 6 mois... 45 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Le Gérant : Lucien JOSSE.

Paris. — Imp. HÉMERY, 18, rue d'Enghien,