

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 37. n. 153. Mars 1930
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1930
Collation	1 vol. (p.[177]-262) : ill., couv. ill. coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 153
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.153

France et Colonies : 4 fr.

N° 153. - Mars 1930



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

BIBLIOTHÈQUE DU GÉNIE CIVIL

152, Avenue de Wagram — PARIS (17^e)

Envoi franco contre le montant des ouvrages, plus 10 0/0 pour frais
(Bien indiquer le N° de chaque cours)

CHEFS DE SERVICE

262 Ajustage	10 »
38 Algèbre	7 »
33 Arithmétique	15 »
89-90 Automobile	35 »
171 Aviation	20 »
141 Agriculture	15 »
454 Arithmétique commerciale	30 »
273 Accidents de travail (Prévention des)	20 »
316 Anglais usuel	10 »
239 Applications électriques	20 »
22-25 Bobinage des machines	20 »
204 Bâtiment	20 »
744 Brevets d'invention	10 »
342 Botanique	10 »
293 Béton armé	20 »
314 Correspondance commerciale	20 »
118 Constructions mécaniques	20 »
35 Calcul rapide	10 »
170 Commerce et comptabilité	25 »
526 Cinéma	25 »
749 Chauffage central	20 »
61 Chimie	15 »
4-131 Chaudières locomotives	30 »
259 Chemins de fer	20 »
390 Constructions en bois	20 »
95 Croquis coté	20 »
94 Conduite électrique	10 »
829 Carrières commerciales	5 »
226 Comptabilité agricole	10 »
372 Comptabilité des gares	10 »
404 Conduite des locomotives	20 »
283-289 Cosmographie	30 »
240 Dangers des courants	10 »
621 Dessin électrique	15 »
348 Dessin industriel	15 »
79 Dessin graphique	20 »
114 Dessin à la plume	5 »
166 Dessin d'architecture	10 »
97 Dessin de menuiserie	10 »
165 Eclairage électrique	15 »
99 Electricité	15 »
129 Electrochimie	15 »
8 Entretien des machines	20 »
803 Emplois des chemins de fer	10 »
105 Ecriture	10 »
36 Géométrie	10 »
44 Géométrie descriptive	20 »
126 Géologie et minéralogie	25 »
703 Génie (Admission au 5 ^e)	20 »
196 Machines locomotives	30 »
534 Machines agricoles	20 »
2 Machines marines	30 »
208 Machines industrielles	30 »
307 Moteurs industriels	12 »
601 Mathématiques navales	25 »
31 Mathématiques (notions)	20 »
755 Mécanique	6 »
381 Mètre de bâtiment	30 »
71 Orthographe	20 »
399 Poids et mesures	30 »
59 Physique	15 »
540 Parfumerie	25 »
908 Pratique des travaux	20 »
80 Résistance des matériaux	20 »
72 Rédaction	20 »
546 Règle à calcul	5 »
15 Turbines à vapeur	20 »
261 Technologie de l'atelier	20 »
142 Topographie	10 »
41 Trigonométrie	15 »
152 T. S. F.	15 »
576 Vie et mécanisme des entreprises	10 »

INGÉNIEURS

203 Automobile	25 »
541 Aviation	40 »
29-302-303 Algèbre supérieure	45 »
194 Algèbre	30 »
751-752-753 Béton armé	40 »
47 Compléments	15 »
502 Charpentes métalliques	40 »
612 Calcul des machines	25 »
549 Chauffage rationnelle	20 »
622-623-624 Construction électrique	45 »
49 Calcul différentiel	25 »
50 Calcul intégral	25 »
490 Compléments	40 »
233 Construction mécanique	40 »
189 Chimie métallurgie	20 »
190 Chimie bâtiment	25 »
191 Chimie agricole	40 »
337 Cosmographie	25 »
270 Construction d'usines	25 »
219-220-221-222 Constructions navales	50 »
200 Comptabilité industrielle	30 »
305 Calcul rapide	10 »
17 Dessin (Technologie)	30 »
292 Dictionnaire technique français, anglais, italien	20 »
136-137 Electricité théorique	40 »
162-163 Electrotechnique	50 »
242 Electrometallurgie	25 »
172 Essais des machines	25 »
382 Eclairage électrique	20 »
1004 Formulaire de mécanique et électricité	100 »
110-111-112-26 Géométrie	60 »
51-52-53 Géométrie analytique	50 »
367 Géométrie descriptive	40 »
350-351 Mines	30 »
18 Moteurs à combustion	40 »
267 Machines-outils	30 »
120 Machines électriques calcul	30 »
115 Mathématiques générales	35 »
424 Mécanique	40 »
282 Métallurgie	30 »
427 Mesures d'essais électriques	45 »
160-520 Navigation	40 »
210-211-212 Outillage	10 »
373 Plans cotés	25 »
380 Physique industrielle	30 »
580 Physiologie végétale	20 »
644 Physiologie animale	40 »
503 Ponts métalliques	10 »
159 Règle à calcul	40 »
80 Résistance des matériaux	30 »
109 Rapports techniques	25 »
535 Service de la voie (chemin de fer)	15 »
199 Stéréotomie	25 »
251 T. S. F. théorique	30 »
153 T. S. F. appliquée	25 »
57 Thermodynamique rationnelle	25 »
402 Thermodynamique gaz	25 »
155 Thermodynamique vapeur	25 »
42 Trigonométrie	15 »
214 Usinage	5 »
85 Unités électromécaniques	15 »
117 Vecteurs	25 »
27 Usines hydroélectriques	15 »
81 Droit civil	20 »
224 Droit commercial	20 »
98 Droit maritime	20 »
277 Droit administratif	25 »
327 Economie politique	25 »
73 Législation des eaux	20 »
313 Législation de l'électricité	20 »
74 Législation des mines	30 »
75 Législation ouvrière	25 »
225 Législation des chemins de fer	30 »
721-722-723 Réglementation postale	30 »

PROJETS

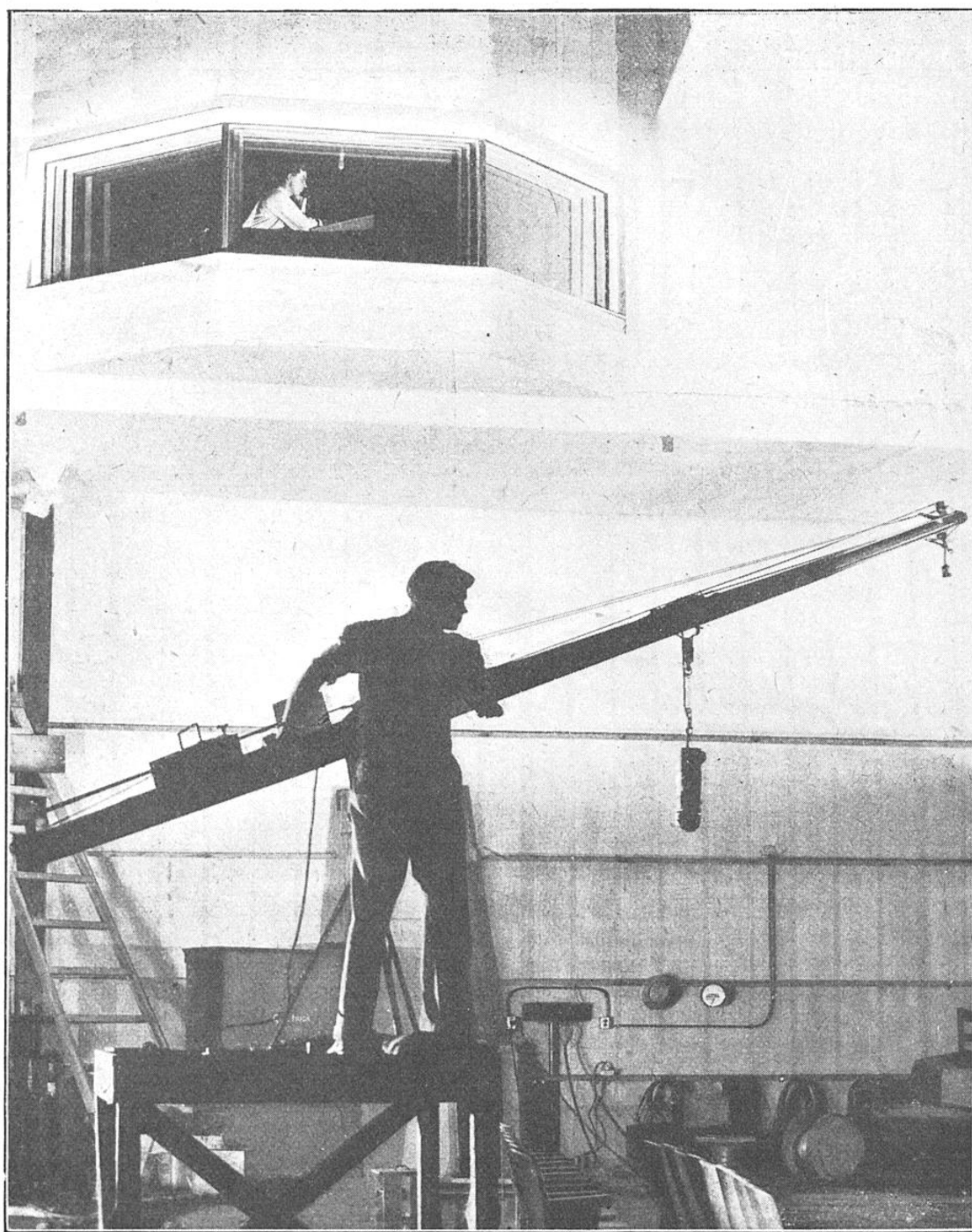
Projets pour chaque genre d'appareils avec un formulaire pour toute l'étude du projet, la rédaction complète du projet avec dessins pour toutes les spécialités. Chaque étude

Toutes les formules employées sont élémentaires

Au point de vue scientifique, le film sonore est réalisé; au point de vue pratique, il reste encore beaucoup à faire	Jean Labadié	179
Comment nous percevons maintenant le mystère des astres.	Marcel Boll	189
	Agrégé de l'Université, Doc- teur ès sciences.	
Le monde planétaire révélé par l'astrophysique. .. .	L. Houlevisque	198
	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	
La mécanique des êtres vivants et la mécanique des fluides nous font assister à de curieux paradoxes.. .	Victor Jouglu	205
Les recherches de nos techniciens placent les télémètres français parmi les meilleurs du monde .. .	Armand de Gramont	207
	Docteur ès sciences, Prési- dent du Conseil de l'Insti- tut d'Optique.	
La plus grande centrale hydroélectrique du monde : sa puissance atteindra 440.000 Kw ; tous les progrès techniques y sont rassemblés .. .	Jean Bodet	217
	Ancien élève de l'Ecole Po- lytechnique.	
Une voiture-laboratoire vérifie périodiquement l'état des voies des chemins de fer .. .	Jean Caël	225
L'industrie moderne consomme annuellement plus de 100.000 tonnes d'hydrogène .. .	René Dubrisay	231
	Professeur de chimie géné- rale au Conservatoire des Arts et Métiers.	
Comment on étudie scientifiquement, en France, les formes d'un avion dans les grandes souffleries : une instal- lation modèle qui fait honneur au ministère de l'Air..	Charles Brachet	235
Le contrôle industriel de la dureté des métaux.. .	Jean Bodet	243
Rendons nos habitations insensibles au froid, à la cha- leur, à l'humidité et au bruit.. .	Jean Marival	245
Le remorquage en haute mer exige un outillage puissant et une technique spéciale .. .	Yves Lallour	248
La T. S. F. et la vie .. .	J. Quinet	252
	Ingénieur de l'Ecole Supé- rieure d'Electricité.	
Mille litres à l'heure avec une motopompe d'un demi-cheval	J. M.	256
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités) .. .	V. Rubor	257
A travers les revues .. .	J. M.	262

Dans les véritables palais que constituent les usines hydroélectriques modernes, on voit de vastes gale-
ries d'une perspective saisissante, ainsi que l'a représenté l'artiste sur la couverture du présent numéro,
dans lesquelles s'alignent en file impressionnante les puissants alternateurs électriques modernes,
actionnés par les turbines hydrauliques placées au sein de la veine liquide, sous le plancher de service de
cette immense galerie. Cette galerie des alternateurs, la plus puissante qui ait été construite à ce jour,
fait partie de l'usine hydroélectrique de Conowingo, dans l'Etat de Pensylvanie (Etats-Unis), qui est en
voie d'achèvement et qui sera certainement la plus formidable usine génératrice d'électricité du monde
entier, actionnée par la houille blanche. En effet, elle est prévue pour onze groupes électrogènes de
40.000 Kw, soit un total de 440.000 Kw. On lira, à la page 217 de ce numéro, la description de cette
magnifique centrale, qui fut établie en deux ans.

Nous informons nos lecteurs que l'emboîtement nécessaire à la reliure des nos 145 à 150,
parus entre le 1^{er} juillet et le 31 décembre 1929, qui constituent le tome XXXVI de
La Science et la Vie, est en vente à nos bureaux, au prix de 4 francs, et de 5 francs
avec la table des matières. Il peut être expédié franco, en France et dans les colonies, au
prix de 4 fr. 50 et de 5 fr. 50 avec table. Pour l'étranger, ajouter à ces derniers prix
1 franc pour supplément de port; tous emboîtages parus antérieurement peuvent être
fournis au même prix. Toutefois les tables des tomes III, IV, V, XXV, XXVI manquent.



(A. HOSABÉ, communiquée par VU)

UNE VUE DES STUDIOS PARAMOUNT POUR FILMS SONORES A HOLLYWOOD

En haut, dans sa cabine à quintuple vitrage, le « contrôleur des sons », complètement isolé des bruits extérieurs, n'entend ceux-ci (musique, chants, bruits de scène) que par le microphone. Il est ainsi dans la situation du futur spectateur et, par là, apprécie la valeur musicale du film au fur et à mesure de son enregistrement. En bas, un machiniste, armé d'un bras porteur extensible, se prépare à lancer le microphone juste au-dessus de la scène parlée où se meuvent les acteurs.

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 1930 - R. C. Seine 116.544

Tome XXXVIII

Mars 1930

Numéro 153

AU POINT DE VUE SCIENTIFIQUE, LE FILM SONORE EST RÉALISÉ ; AU POINT DE VUE PRATIQUE, IL RESTE ENCORE BEAUCOUP A FAIRE

Par Jean LABADIÉ

On se souvient peut-être qu'il y a trente ans, à l'Exposition de 1900, le visiteur pouvait assister à des projections parlantes qui furent sensationnelles pour l'époque. On les appela « phonoscènes » pendant quelques années, puis elles tombèrent dans l'oubli. Il y a loin de ces timides essais aux représentations grandioses des films sonores d'aujourd'hui, qui chantent et qui parlent, dans les principales villes d'Europe et d'Amérique. Nous nous proposons d'exposer ici quelles sont les grandes découvertes qui ont permis de donner au cinéma, jusqu'ici « art muet », le prestige de la parole. Au lendemain de la guerre, GAUMONT apporta à peu près le seul perfectionnement pratique dans la technique du film parlant : c'était l'emploi du pick-up (1) limité à l'enregistrement. C'est seulement en 1923 que LEE DE FOREST, le célèbre inventeur américain qui a attaché son nom à la T. S. F., montrait que la lampe triode permettait non seulement l'enregistrement électrique des sons, mais encore leur reproduction, que l'on pouvait intensifier à son gré. A partir de cet instant, on pouvait proclamer que le problème du film sonore était pratiquement résolu et que son avenir commercial était assuré. Il ne faudrait cependant pas prétendre que tout est parfaitement au point. Il reste encore beaucoup à faire au point de vue des perfectionnements à apporter pour obtenir un procédé vraiment industriel. Mais c'est l'histoire de toutes les inventions. On s'approche de la perfection par étapes, mais, au point de vue scientifique, c'est la première étape qui compte. Il suffit de se rappeler ce qu'était le cinéma à ses débuts, par rapport aux magnifiques films d'aujourd'hui, pour juger des progrès accomplis. Il en sera de même du film sonore, car la technique de ce film n'est encore qu'à ses débuts. Les savants et les techniciens poursuivent leurs recherches.

IL y a quelques mois, j'assistai à mon premier « film parlant » et j'eus l'impression qu'un nouveau cycle de merveilles débutait. Comme intermède (actualités), l'arrivée classique du train était remplacée par une batterie d'artillerie tirant à toute volée, dans un vacarme effroyable (qui met en danger, paraît-il, les membranes de haut-parleurs mal réglées). Mais, déjà absente du spectacle, mon imagination, forte

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 127, page 83.

de l'expérience passée, bondissait vers les jours prochains où nous verrions en relief les files des soldats avec les nuances de leurs décorations.

A ce moment, d'ailleurs, de telles banalités céderont la place à des ensembles photo-sonores plus intéressants, par exemple à un opéra de Wagner, où les Walkyries viendront réellement du fond du ciel tandis que, par d'habiles transpositions, un paysage grandiose de sommets alpestres encadrera

la scène au naturel. Les représentations de Bayreuth seront ainsi offertes intégralement, à bon marché, dans la moindre salle de chef-lieu de canton. A moins que le public ne réclame autre chose... Ce qui est encore possible et même probable.

Vingt ans de travaux d'approche vers le film sonore :

De Léon Gaumont à Lee de Forest

La tentative de faire parler les fantômes de l'écran date presque des origines du cinématographe lui-même. C'est à l'Exposition

champ trop vaste : dès que l'acteur s'éloignait, le phonographe devenait incapable de recueillir les sons avec une intensité suffisante pour graver la cire. En attendant l'enregistrement électrique par « pick-up », seul capable de donner au phonographe enregistreur la sensibilité prodigieuse de l'oreille humaine, l'acteur devait parler juste devant le « pavillon » d'enregistrement. Position plus qu'inconfortable, ridicule, pour l'acteur de cinéma — le plus mouvant de tous.

Le *pick-up* enregistreur fut employé, dès 1910, par M. Léon Gaumont. Le microphone

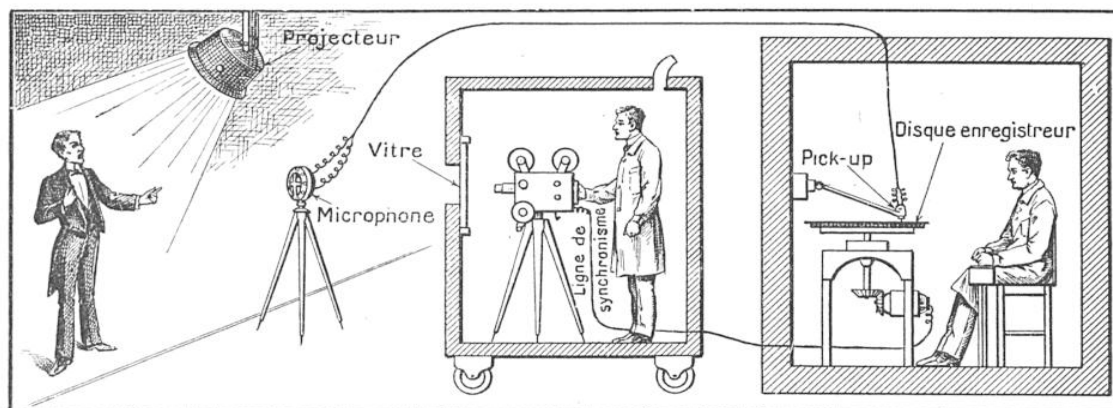


FIG. 1. — PRINCIPE DES ENREGISTREMENTS DES FILMS PARLANTS

Pas plus que, dans le film cinématographique ordinaire, on n'aperçoit les machinistes et leurs accessoires, on ne doit entendre, dans le film parlant, de sons parasites. Les acteurs, soumis à la plus grande discipline devant le microphone, sont cinématographiés par un opérateur isolé dans une cabine mobile qui étouffe le cliquetis du cinéma — tandis que l'enregistrement phonographique est réalisé à distance (s'il s'agit de disques) ou simultanément avec la photographie (s'il s'agit du procédé photosonore).

de 1900 que l'on entendit les premières projections parlantes appelées quelques années plus tard des « phonoscènes ».

On possédait le phonographe à côté du cinéma, aussi rudimentaires l'un que l'autre. La tentation de les accoupler dans un synchronisme reproduisant la voix en même temps que les gestes d'un acteur, devait venir à une foule d'inventeurs pour ne pas dire à tout le monde. Il était naturel que cette réalisation fût abordée par l'un des hommes qui les premiers comprirent l'immense avenir de l'une et de l'autre techniques. M. Léon Gaumont présentait donc, le 7 novembre 1902, à la Société de Photographie, le premier appareil synchrone de projections sonore et cinématographique.

C'était le premier balbutiement obtenu, d'ailleurs, à grand renfort de truquages et dans des conditions terriblement restrictives. La scène reproduite ne pouvait englober un

devenait indépendant de la machinerie d'enregistrement. L'acteur pouvait, dans une certaine mesure, évoluer autour de lui et le micro pouvait de même suivre l'acteur dans ses évolutions, tout en se dissimulant, s'il le fallait, dans un détail du décor. Mais les sons recueillis, s'ils étaient transportés avec fidélité dans la cabine d'enregistrement phonographique, n'étaient pas amplifiés. Et ce défaut d'intensité se retrouvait à la reproduction, la rendant presque illusoire quand elle s'adressait à plusieurs centaines d'auditeurs assemblés. Ce qui manquait encore, c'était, nous le savons aujourd'hui, la merveilleuse lampe triode de Lee de Forest, grâce à laquelle les courants téléphoniques les plus faibles s'élèvent au niveau d'intensité réclamé par les plus puissants haut-parleurs.

Cette lacune n'arrêta pas M. Gaumont, qui put offrir au public des « phonoscènes »

à champ limité, mais souvent très réussies, dans lesquelles un acteur célèbre — Yvette Guilbert par exemple — venait débiter en personne la chanson du jour. M. Gaumont obtenait, en effet, une certaine amplification des sons au moyen de l'air comprimé. Au lieu de faire vibrer une simple membrane-diaphragme, le stylet phonographique reproducteur agissait, dans son procédé, sur une soupape dont les allées et venues lâchaient un jet d'air comprimé. Les intermittences du jet reproduisaient les fréquences musicales de la soupape. Donc, le son émis par l'arrivée de l'air dans un cornet reproduisait la note correspondante et son timbre, *mais avec autant d'intensité qu'on fournissait de pression au jet aérien.*

Voilà où en était encore la technique du film parlant au lendemain de la guerre, lorsqu'en 1923, Lee de Forest montra que sa lampe triode modifiait du tout au tout, non seulement l'enregistrement électrique du son (tel que M. Gaumont l'avait inauguré en 1910), mais encore et surtout la reproduction qu'il devenait possible désormais d'intensifier à volonté.

Le rôle décisif de la lampe triode dans le film parlant

A partir de cet instant, on peut regarder comme assurée, la carrière du film sonore et parlant. Lee de Forest a même débuté en le créant dans sa forme la plus moderne, celle qui, probablement, résistera seule au temps : *le film enregistrant les sons par le jeu des ombres.* Ce procédé doit en toute logique, éliminer tôt ou tard, le

disque phonographique actuel, aux sillons mécaniquement gravés. A vrai dire, le principe indiqué par Lee de Forest était déjà breveté par notre compatriote Augustin Lauste. Mais ce brevet demeurait stérile, lui aussi, en l'absence de la lampe triode. Remarquez, en effet, le rôle des

triodes dans le procédé Lee de Forest dont voici le schéma.

Prenons une source lumineuse électrique, très sensible aux variations de courant. Faisons en sorte que ce courant soit modulé — grâce à des amplificateurs à triodes — par le courant téléphonique d'un microphone enregistreur. Parlons devant ce microphone. Les variations de brillance de la source vont reproduire la fréquence musicale des notes.

A tel point que si nous dirigeons cette lumière modulée sur une cellule « photo-électrique » qui alimente elle-même — après amplification (par triodes) de son courant — un récepteur téléphonique, ce récepteur va reproduire exactement nos paroles. C'est là encore un vieux « principe » — celui du « téléphote » de Graham Bell. Mais Bell ne disposant ni de la lampe triode,

ni des cellules photoélectriques actuelles — mais seulement du *sélénium* aux propriétés insuffisantes — n'aurait pas pu tirer de son principe un parti industriel. Lee de Forest, lui, y parvint.

La source lumineuse choisie fut d'abord, à cette époque, un tube de Geissler (il y aura, plus tard, la lampe à néon). Sa lumière, modulée par le microphone, venait impressionner à travers une fente étroite un film qui se déroulait de manière continue devant cette

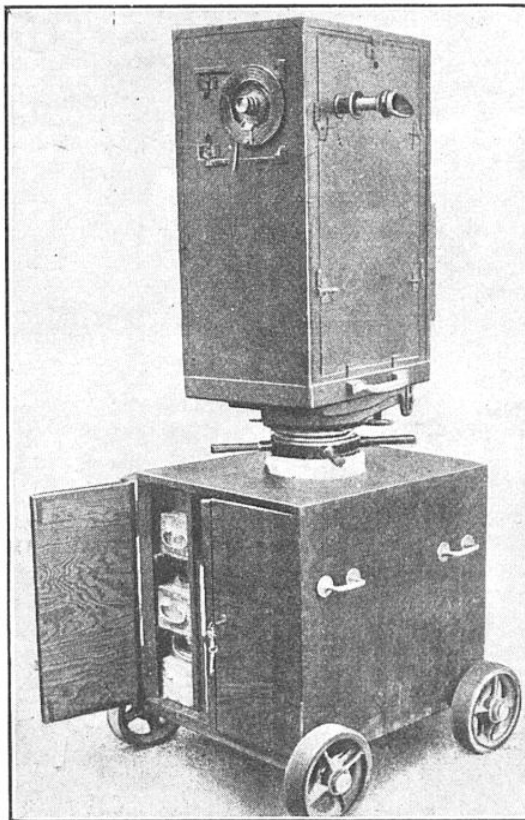


FIG. 2. — UN DES APPAREILS MOBILES MOVIE-TONE IMAGINÉS POUR PROCÉDER A LA CINÉMATOGRAPHIE ET A LA PHONOGRAPHIE SIMULTANÉES SUR LE MÊME FILM

Le cinéma et l'appareil enregistreur photosonores, mus par un même mécanisme, sont enclos dans un coffre tenant lieu ici de cabine étanche.

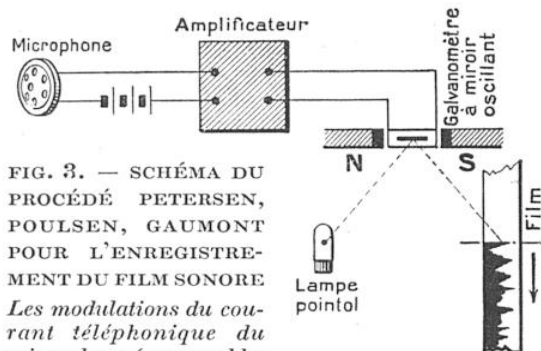


FIG. 3. — SCHÉMA DU PROCÉDÉ PETERSEN, POULSEN, GAUMONT POUR L'ENREGISTREMENT DU FILM SONORE

Les modulations du courant téléphonique du microphone (convenablement amplifié) agissent sur le miroir oscillant d'un galvanomètre dont les incidences variables (proportionnelles au courant) impressionnent suivant le graphisme indiqué ci-dessus, le film en train de se dévider devant une fente étroite, par réflexion de la lumière issue d'une lampe ponctuelle (pointolite).

fente. A chaque variation de brillance l'image de la fente s'inscrivait sur la pellicule photographique avec une nuance d'autant plus foncée (donc, *plus claire* dans le film positif final) que la lumière (proportionnelle au courant) était plus intense. Sur le film photographique s'était donc inscrit, tout le long de l'enregistrement, un véritable « spectre sonore », sous forme de raies plus ou moins foncées et plus ou moins espacées.

L'opération inverse, de reproduction, n'offre pas plus de difficultés. Installez une lampe à filament ponctuel (du type « pointolite ») derrière une fente éclairante; conduisez, par un système optique convenable, l'image lumineuse de cette

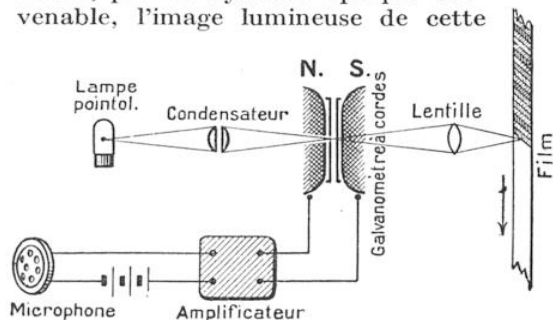


FIG. 4. — AUTRE PROCÉDÉ D'ENREGISTREMENT DU FILM PARLANT (WESTERN)

Le courant téléphonique du micro module la lumière de la lampe « pointolite » par l'intermédiaire d'un « galvanomètre à cordes ». Des cordes métalliques tendues entre deux pôles aimantés et parcourues par le courant s'écartent plus ou moins, d'après l'intensité de ce courant. Elles laissent ainsi passer plus ou moins de la lumière qui va impressionner le film par bandes successives entières, mais plus ou moins « denses ».

fente sur une cellule photoélectrique alimentant (par amplification) un haut-parleur. Tant que la cellule ne recevra que cette lumière non modulée, d'intensité rigoureusement constante, le silence règnera. Mais, si vous faites défiler le film entre la fente et la cellule, le spectre des raies plus ou moins transparentes va moduler au passage l'intensité lumineuse projetée par la lampe et reçue par la cellule.

Si le déroulement du film s'effectue à la même vitesse qui présidait à son enregistrement, la modulation imprimée à l'appareil récepteur photophonique par l'espacement varié des raies de lumière correspondra aux fréquences musicales inscrites sur le film. La reproduction exacte du son primitif résultera de cet ensemble d'opérations. Le film

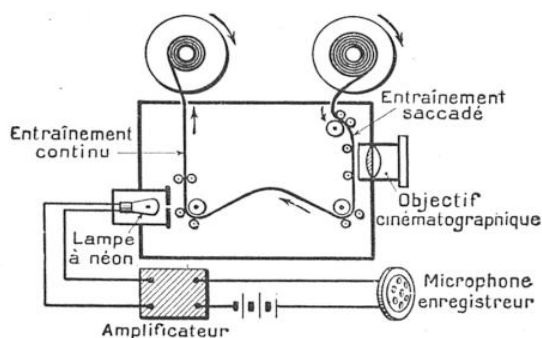


FIG. 5. — UN TROISIÈME PROCÉDÉ D'ENREGISTREMENT DU FILM PARLANT

Le courant microphonique amplifié module la lumière d'une lampe à néon qui, dès lors, impressionne le film par bandes successives plus ou moins denses — comme dans le procédé Western.

ainsi préparé tient donc, en tous points, le rôle du disque gravé dans la phonographie ordinaire.

Tel est le principe que Lauste avait breveté et dont Lee de Forest a pu fournir la première réalisation, grâce, uniquement, à sa lampe triode — qui, seule, permettait d'élever le courant microphonique récepteur au niveau d'intensité nécessaire à l'enregistrement photographique — et -qui, seule, pouvait amplifier de même le courant photoélectrique de la cellule au taux nécessaire pour actionner un haut-parleur.

Toutefois, le procédé Lee de Forest devait exiger une longue mise au point, analogue à celle qui délivra le cinéma primitif de ses papillotements.

Songez, en effet, à la délicatesse du montage que nous venons d'esquisser (voir les schémas de cette page). Si la matière du film n'est pas rigoureusement homogène, si

le film contient des cassures, des stries — et elles surviennent après quelques jours d'usage — ces hétérogénéités se traduisent par des modulations parasites du spectre photo-sonore et, finalement, par d'épouvantables crachements du haut-parleur. Il en sera de même si le film ballote tant soit peu devant la fente lumineuse, c'est-à-dire si la distance de la pellicule à cette fente ne demeure pas rigoureusement constante. Il en sera de même encore si la vitesse de déroulement n'est pas absolument uniforme — toute variation de cette vitesse changeant la fréquence de passage des raies photosonores devant la fente dont le rayon lumineux joue ici le rôle de l'aiguille exploratrice sur les disques d'ébonite.

C'est pourquoi, malgré le perfectionnement capital et absolument décisif, apporté par Lee de Forest, les premières conjugaisons du son et des paroles avec les images cinématographiques furent d'abord réalisées par un autre moyen —

moyen qui est encore utilisé aujourd'hui et que, pour cela, nous devons décrire dans cette étude.

Premier procédé : on réalise l'accouplement du disque et du film

Ce moyen, c'est le vieux procédé de conjugaison du phonographe à disques et du film à images.

Au début, M. Gaumont, inaugurant ce procédé, faisait enregistrer les paroles d'un chanteur, puis son jeu, en deux scènes successives. Tous ses gestes étant soigneusement surveillés par l'acteur (et, d'ailleurs, réduits au minimum), leur raccordement aux paroles se trouvait à peu près réalisé quand, le cinéma et le phonographe donnant ensemble,

on reproduisait la « phonoscène ». Inutile de dire que ce procédé allait à l'encontre de la synthèse vivante dont on rêvait. M. Gaumont ne s'y attarda pas et réussit bientôt l'enregistrement simultané et synchrone.

Le phonographe et le cinéma enregistreurs étaient mûs, chacun, par un moteur électrique. Les deux moteurs étaient branchés sur un même circuit. De plus, leurs induits étaient sectionnés en trois parties (comme dans les moteurs triphasés). Chaque section d'induit d'un moteur était électri-

quement reliée à la section correspondante de l'autre moteur. Ainsi, les induits de chaque moteur étaient astreints à tourner à la même vitesse de rotation, par une sorte de freinage mutuel, véritable engrenage électrique. Ainsi, le cinéma (loin du sujet) et le phonographe enregistreur (près de sujet) fonctionnaient en un synchronisme qu'il était simple de rétablir — par le même procédé — à la représentation.

Examinez maintenant l'un des procédés actuels qui utilise les disques synchronisés avec le film : le moteur d'entraînement est commun à l'appareil de projection cinématographique et au plateau tournant qui supporte le disque phonographique. Ainsi, le synchronisme est assuré, de fait, par la liaison mécanique d'un seul et même arbre. Ceci encore a pu être réalisé parce que le diaphragme de l'antique phonographe à pavillon se trouve désormais supplanté par le *pick-up*, que le courant téléphonique du *pick-up* (amplifié) va rejoindre le haut-parleur placé n'importe où dans la salle. Toute la partie mécanique a donc pu se concentrer sur la même machine, assurant ainsi le synchronisme le plus rigoureux

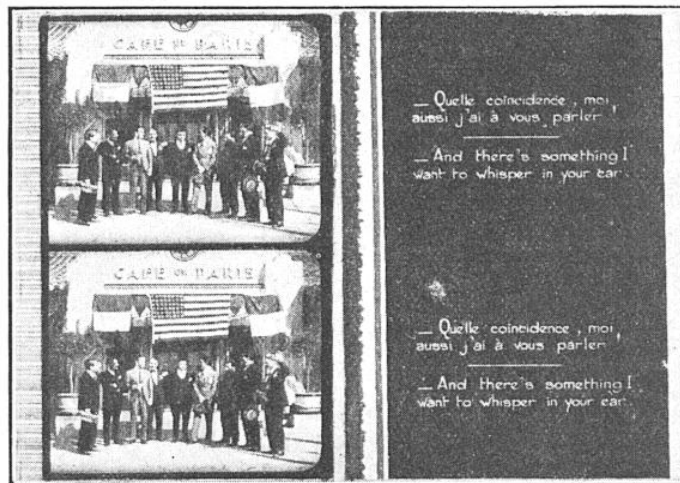


FIG. 6. — LES DEUX TYPES DIFFÉRENTS DE « PISTES SONORES » SUR FILMS PARLANTS

A droite : le film système Gaumont. La « piste sonore » est constituée par la bande située en marge. On aperçoit les sinuosités de la frontière séparant l'ombre de la partie lumineuse. C'est l'enregistrement latéral (l'analogue du disque à aiguille). A gauche : le film sonore procédé Western, Marceline, etc... La piste sonore est modulée par bandes successives la couvrant entièrement, mais d'opacité variable.

A l'enregistrement, dans le studio, le cinéma et le phonographe évoluent séparément avec la même aisance. Le cinéma, installé dans une cabine mobile montée sur roues silencieuses caoutchoutées, recherche les meilleures perspectives, cependant que le microphone, suspendu à un fil par un long bras extensible, plane au-dessus des acteurs en adoptant, sous la direction d'un spécialiste, la meilleure position d'écoute. Le fil électrique transporte l'audition à la cabine fixe d'enregistrement.

Mais ici, le synchronisme demeure réalisé par des procédés analogues à celui qu'inventa M. Gaumont : liaison électrique du mouvement cinématographique de prise de vue et du mouvement du disque enregistreur, l'un et l'autre étant à vitesse constante. Remarque essentielle : la vitesse de rotation du disque intervenant dans la fréquence musicale des sons enregistrés, c'est le mouvement du disque qui doit régler celui du cinéma — toutes les démultiplications propres à cette dernière technique étant assurées une fois pour toutes.

Cette question du synchronisme n'est, d'ailleurs, qu'une difficulté bien secondaire et des plus simples à résoudre.

Autrement ardue, mais aussi combien plus féconde, devait être non seulement pour le présent, mais encore pour l'avenir, le retour au film photosonore de Lee de Forest.

Deuxième procédé (photosonore) : un seul film enregistre vues et sons

Tandis que le procédé Lee de Forest — décrit plus haut — était étudié du point de vue pratique aux Etats-Unis, en Europe, deux ingénieurs danois, MM. Petersen et

Poulsen (celui-ci déjà célèbre par de nombreuses inventions) se joignaient à M. Léon Gaumont pour mettre sur pied une technique analogue.

MM. Petersen, Poulsen et Gaumont réalisent le film photosonore suivant un principe voisin, mais différent de celui de Forest. Il existe, exactement, entre les deux procédés la même différence qu'entre le phonographe à saphir (sillon aux ondulations creusées verticalement) et le phonographe à aiguille (sillon portant des ondulations latérales). Lee de Forest modula l'ombre et la lumière de son film sonore par la densité

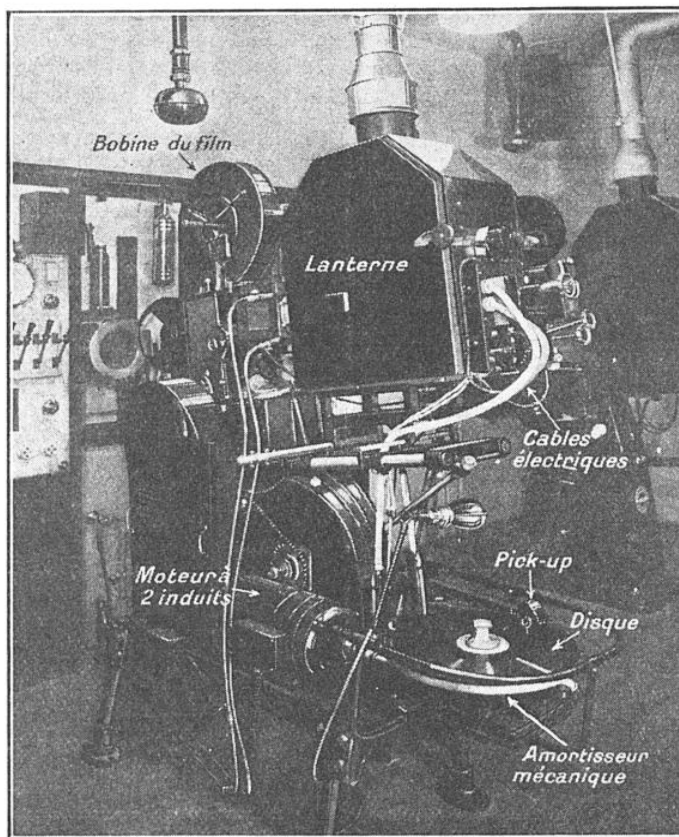


FIG. 7. — L'APPAREIL DE PROJECTION « WESTERN » UTILISANT A VOLONTÉ LES DEUX SORTES DE FILMS SONORES AINSI QUE LES DISQUES SYNCHRONISÉS

Un moteur à vitesse constant (à deux induits) meut simultanément le cinéma et le plateau du disque situé sur des amortisseurs de vibration.

variable de lignes occupant toute la largeur du film : c'est l'analogie de la modulation en profondeur d'un sillon phonographique de largeur uniforme. MM. Petersen, Poulsen et Gaumont modulent la luminosité de leur film latéralement, suivant un graphique ondulé qui couvre ou découvre plus ou moins de surface transparente suivant l'intensité du son — la fréquence (hauteur musicale) de ce son étant encore représentée par la fréquence sur le film des

« accidents lumineux » enregistrés. Le procédé est schématisé par la figure de la page 182.

La source lumineuse, dont la modulation (par variation d'intensité) doit exprimer la modulation musicale du microphone, n'est plus le tube de Geissler. Elle consiste en une lampe électrique d'intensité constante et à filament ponctuel, dont le faisceau lumineux est concentré sur le miroir oscillant d'un galvanomètre classique. Le miroir du galvanomètre, en oscillant sous l'impulsion des courants téléphoniques du microphone enregistreur, imprime aux mouvements de sa tache lumineuse des amplitudes proportionnelles aux intensités du courant. La tache lumineuse est assujettie à balayer le film au fur et à mesure de son développement devant une fente mince. Les amplitudes du spot impressionnent donc le film suivant le graphique demandé. Le film photosonore, une fois développé, se trouve divisé en deux bandes, l'une claire, l'autre sombre, dont la frontière en ligne brisée capricieuse caractérise et la fréquence musicale et l'intensité des sons enregistrés.

La reproduction phonographique d'un tel film s'effectue *exactement* comme celle du film Lee de Forest, par l'intermédiaire d'une cellule photoélectrique — bien que la cellule au sélénium, d'abord utilisée comme détecteur photoélectrique, puisse encore servir, à condition de réduire les courants du microphone à leur minimum d'intensité. Ceci, afin d'écartier « l'effet d'inertie » du sélénium.

Avec les deux procédés d'enregistrement « à bandes » (Lee de Forest) et « à franges » (Petersen, Poulsen, Gaumont), la technique purement photosonore se trouve munie de deux principes définitifs qui se perfectionneront, mais ne disparaîtront jamais plus.

L'enregistrement suivra des variantes. C'est ainsi que le « galvanomètre à cordes »

est utilisé dans les brevets de la Compagnie Western pour moduler le film par « bandes » de Forest — c'est l'équivalent du galvanomètre à miroir qui module par « franges ». D'autres procédés utilisent les variations de brillance, si rigoureusement instantanées, de la lampe à néon (sous l'impulsion du courant du microphone amplifié). Ce ne sont là que détails soumis à la sanction de la pratique.

Les appareils enregistreurs Gaumont demeurent fidèles aux franges latérales et à la cellule de sélénium ; les appareils Tobys, Western, Movietone utilisent les licences de Lee de Forest. Mais une remarquable synthèse, à la reproduction, de tous les procédés existants — y compris le disque — se trouve désormais réalisée dans l'appareil de projection de la Western Co.

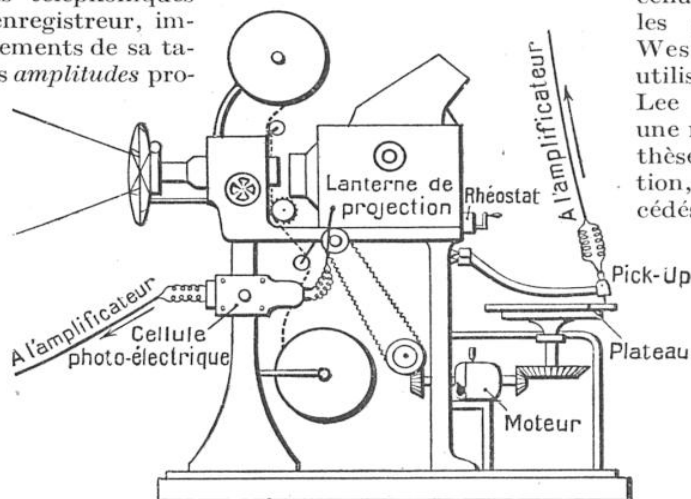


FIG. 8. — SCHÉMA GÉNÉRAL DU MÉCANISME DE L'APPAREIL « WESTERN »

On voit que le film passe d'abord devant la lanterne de projection cinématographique puis, au-dessous, devant la cellule photoélectrique (projection photosonore). En arrière, l'appareil phonographique à disques et à pick-up, mécaniquement relié au cinéma.

tent l'un après l'autre, éclaircissons un point que nous avons laissé dans l'ombre : dans le cas du film photosonore, est-il nécessaire d'enregistrer *deux films séparés*, un pour les sons, un autre pour les images ?

C'est la solution qu'avaient adoptée MM. Gaumont, Petersen et Poulsen. Les deux pellicules se déroulent séparément en synchronisme parfait, au besoin sur le même mécanisme, recevant l'une les clichés photographiques, l'autre les modulations photosonores. Cela semblait logique parce que la pellicule cinématographique doit obéir à un mouvement *saccadé*, tandis que la pellicule photosonore doit se dérouler à vitesse rigoureusement constante (même motif que pour le disque : toute variation de vitesse modifie la fréquence dans la musique des sons enregistrés).

Lee de Forest, cependant, avait préconisé

Une « cabine » de cinéma ultra-moderne

Avant de décrire sommairement cet appareil que tous les cinémas du monde adop-

l'aménagement, en marge du film cinématographique, d'une bande étroite qu'il jugeait suffisante pour recevoir la modulation sonore. C'est cette solution de la « piste sonore » parallèle à la « piste visuelle », sur le même film, qui a prévalu.

Dès lors, rien n'empêchait d'établir un appareil unique, capable d'utiliser indifféremment les franges et les bandes photosonores, et les disques phonographiques spéciaux (pouvant durer dix minutes), larges de 50 centimètres, que diverses firmes ont réussi à rendre pratiques. Cet appareil universel est celui de la Western Company. On en concevra la valeur technique, lorsque j'aurai rappelé que le seul moteur d'entraînement comporte vingt-sept brevets d'invention.

Le problème à résoudre était extrêmement complexe. L'entraînement cinématographique comporte des trépidations inévitables en raison du déroulement saccadé de la pellicule (vingt-trois images, donc vingt-trois chocs, par seconde). Si l'on voulait utiliser le même entraînement pour le film cinématographique et pour le disque correspondant, il fallait dégager celui-ci de la trépidation générale de la machine : d'où la suspension à « filtres mécaniques » de vibrations qu'il a fallu inventer pour le système tournant du plateau.

Ensuite, le moteur d'entraînement — du seul fait qu'il était désormais responsable de la vitesse de rotation des disques et de la vitesse de déroulement des films photosonores — devait réaliser l'idéal du moteur « à vitesse constante ». Le moteur devenait l'âme du mécanisme global. C'est pourquoi, m'a-t-on dit, la réussite du moteur fait l'orgueil des techniciens qui ont participé à sa création plus encore que le reste du mécanisme. Je ne puis en décrire ici les caractères électriques : je dirai seulement qu'il se dédouble en un « alternateur » et en un « moteur » proprement dit. L'alternateur qui fonctionne à 720 cycles, alimente le moteur. Au moindre fléchissement de vitesse

de celui-ci, l'alternateur (qui est lié au même arbre) accuse un abaissement de fréquence — lequel abaissement se traduit aussitôt, grâce à un montage ingénieux de lampes, par une recrudescence du courant d'alimentation. Le moteur, momentanément suralimenté, retrouve donc sa vitesse normale.

La diversité du mouvement des deux films cinématographique et photosonore exige un certain décalage entre le niveau (sur le film global) des bandes sonores et celui des images correspondant à ces sons. Sinon, comment remplir ces conditions contradictoires du mouvement continu et du mouvement saccadé ? Mais, précisément, lors de l'enregistrement, il existe un décalage forcé entre l'arrivée, sur le même film, des sons qui voyagent à 340 mètres par seconde et de la lumière qui parcourt 300.000 kilomètres dans le même temps.

D'autre part, à la projection, dans une grande salle — si tous les appareils sont rassemblés dans la cabine — il y aura encore un décalage entre l'arrivée de la projection sur l'écran et l'arrivée du son aux oreilles du spectateur. D'ailleurs, n'en est-il pas de même dans tout théâtre un peu grand, pour les spectateurs éloignés de la scène qui voient les gestes avant d'entendre les paroles ? Mais personne, jusqu'ici, ne s'est plaint d'une discordance gênante. Ceci a conduit les cinéastes à enregistrer par pure convention les sons avec une avance de

vingt-quatre images (une seconde) sur le film. Ceci n'est pas tant pour corriger le décalage du studio (où le microphone peut suivre l'acteur pas à pas, rattrapant ainsi l'effet de « distance » qu'ignore le cinéma lointain) que pour donner au film un certain flottement entre son passage devant l'objectif aux images et son passage devant la cellule photoélectrique, cet « objectif » des sons. Les constructeurs profitent de ce décalage pour transformer le déroulement cinématographique saccadé en déroulement photosonore continu.

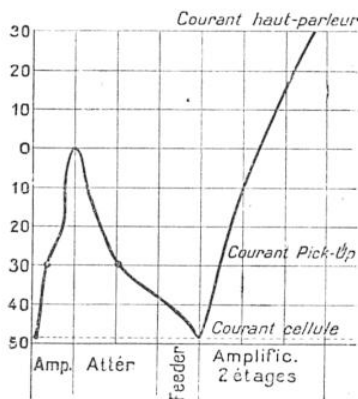


FIG. 9. — GRAPHIQUE MONTRANT LES VARIATIONS D'INTENSITÉ QU'IL FAUT IMPOSER AU COURANT PHOTOSONORE AVANT DE LE LIVRER À L'AMPLIFICATEUR DÉFINITIF (À DEUX ÉTAGES) DU HAUT-PARLEUR

La courbe d'intensité montre le courant au sortir de la cellule photoélectrique. Amplifié pour être simplement maniable, le courant est ensuite atténué pour être envoyé dans le feeder général — où doit pouvoir passer par conséquent le courant du pick-up — lequel feeder aboutit à l'amplificateur définitif qui dessert le haut-parleur.

Enfin, un nouveau problème se posait, relatif à la disproportion existant entre les courants téléphoniques issus du *pick-up* et ceux venant de la cellule. Comment les utiliser sur le même haut-parleur ? Le courant de la cellule doit recevoir son amplification à la sortie immédiate de l'appareil (tout effet de self, par un fil conducteur quelconque, l'absorberait radicalement), mais

Quel est l'avenir des films sonores et parlants ?

Le film sonore n'est qu'à ses débuts, mais son avenir est assuré.

Techniquement, cela ne fait aucun doute. Il suffit d'avoir assisté à une bonne présentation et d'avoir visité une cabine du genre de celle de l'Hippodrome à Paris pour en être

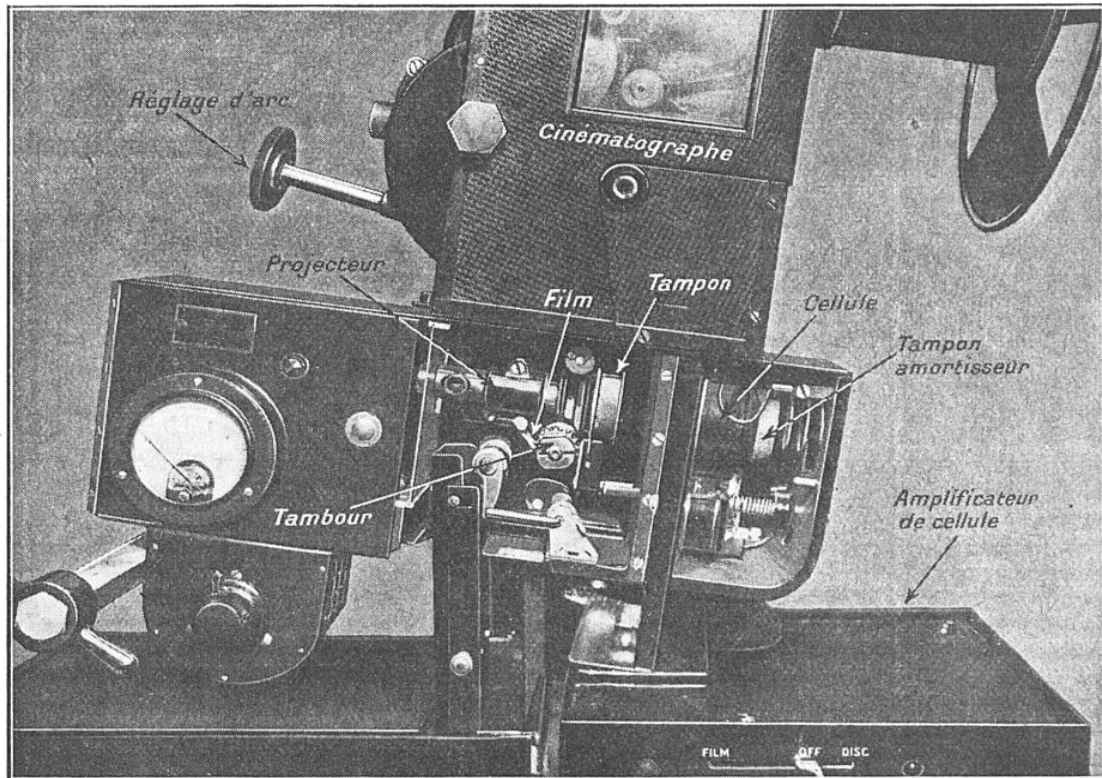


FIG. 10. — DÉTAIL DU COMPARTIMENT PHOTOSONORE DANS L'APPAREIL « WESTERN »

Le film, après être passé dans la lanterne cinématographique, passe devant le projecteur d'une lampe « pointolite » (enfermée dans le parallélépipède de gauche). Un tampon maintient le film contre la fente ($5/1.000^{\circ}$ de millimètre) qui termine le projecteur. Plus loin (à droite), la cellule photoélectrique, maintenue elle aussi par un tampon amortisseur de vibrations. En bas, l'amplificateur du courant de la cellule.

alors, le courant amplifié est plus intense que celui du *pick-up*. On va donc l'atténuer pour le ramener exactement au niveau de ce dernier. L'opérateur dispose alors simultanément d'un courant de disque à *pick-up* et d'un courant de film photosonore qu'un même amplificateur final, antichambre du haut-parleur, peut absorber sans modification de réglage (qui suspendrait la représentation).

Ainsi, l'appareil Western se trouve prêt à tous les travaux, à toutes les substitutions de modèles et de marques de « films parlants ».

assuré. Et pourtant les chercheurs ne se déclarent pas satisfaits. Actuellement, il existe une société d'études françaises qui vient de mettre au point un procédé spécial de la reproduction, nettement différent de ceux que nous venons de décrire. L'inventeur, M. Massé, nous annonce une prochaine présentation de son procédé à la salle Pleyel. Les brevets n'étant pas encore complets, il nous est impossible d'entrer dans les détails techniques. M. Massé nous fait observer que, dans les films photosonores actuels, on ne tient nul compte ni de l'effet de réfraction au

pinceau lumineux à travers l'épaisseur du film, ni de l'effet de diffraction à travers une fente dont la largeur ne dépasse pas 5 millièmes de millimètre. La texture même du film influence le son, nous dit-il. Ses procédés visent donc à *filtrer* la lumière, en n'utilisant que des « différences » de luminosité, et non l'intensité directe des faisceaux projectants. La pureté sonore en serait accrue.

D'autres chercheurs, désirent éluder la fragilité du film actuel (dont la pureté n'est parfaite qu'aux débuts de son service) cherchent à réaliser le « film phonographique » par gravure d'un sillon matériel le long du film.

Des points d'interrogation plus graves se sont élevés du côté des artistes. Les critiques d'art n'ont pas manqué de faire observer que l'art muet des images mouvantes tirait sa beauté des facultés de suggestion dont était nourri son silence même : pour ces esthètes, le cinéma doit être regardé en silence comme la musique doit être écoutée dans l'obscurité. Que l'admirable Charlot soit réduit à néant par le film parlant, c'est déjà un désastre pour les amateurs de ce comique profond.

N. D. L. R. — Nous nous proposons d'étudier ultérieurement ce qui a été fait, dans le domaine du film sonore, par les constructeurs allemands.

Ensuite, le film parlant, du seul fait qu'il est parlé dans une langue donnée, perd son caractère d'internationalité et, par là, devient cher pour les nations dépourvues d'une grande industrie cinématographique. Faudra-t-il, pour l'agrément de ces films, que

l'anglais devienne langue universelle ?

Par contre, il est un point sur lequel tout le monde s'accorde : le film « sonorisé » — c'est-à-dire dont les images sont soulignées par une musique spécialement adaptée — est une chose éminemment esthétique.

Et, dans ce sens, la nouvelle technique voit s'ouvrir des perspectives indéfinies : il ne serait donc pas nécessaire de bouleverser les méthodes d'enregistrement reçues jusqu'à maintenant, ni d'éliminer les bons artistes à mauvaise diction, ni de se priver d'accès-soires grandioses mais bruyants... Un peu de musique

écrite à loisir, en marge du film ordinaire, sur la « piste sonore » et voilà, sans aucun souci de « vitesses constantes » ni d'autres complications, de quoi nous donner, à domicile ou dans les vastes salles, les plus belles impressions d'art.

JEAN LABADIÉ.

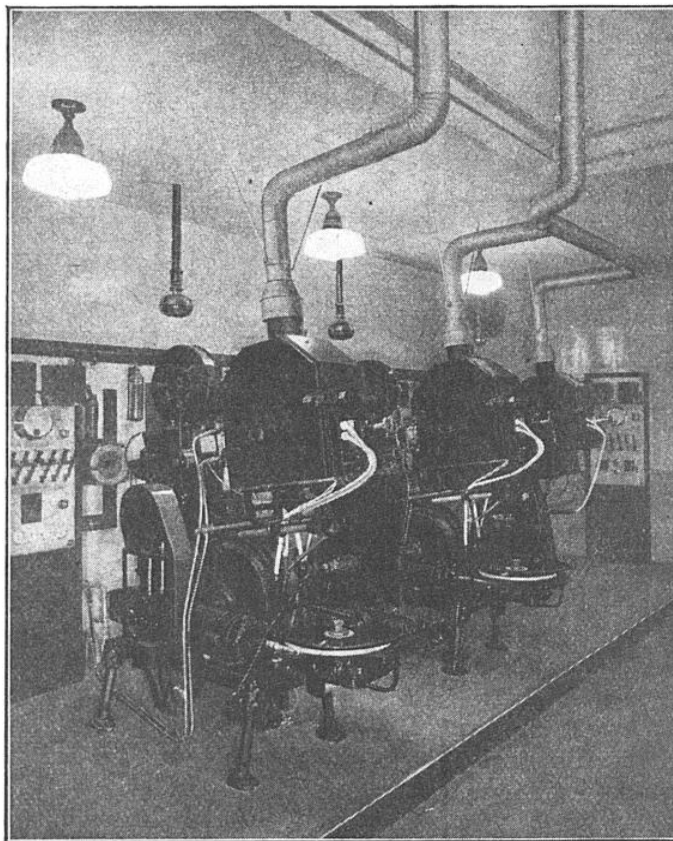


FIG. 11. — VUE GÉNÉRALE DE LA CABINE DE PROJECTION DU GAUMONT-PALACE DE PARIS, ÉQUIPÉE AVEC DES APPAREILS WESTERN

Les deux premiers appareils peuvent utiliser les disques synchrones. Celui du fond, comme deux autres invisibles (en avant de la figure), se contentent d'utiliser le film photosonore à « piste » marginale.

COMMENT NOUS PERÇONS MAINTENANT LE MYSTÈRE DES ASTRES

Par Marcel BOLL

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES
INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE DE PARIS
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

Ce que les romanciers ont appelé les mystères du ciel étoilé ne sont plus des mystères pour les hommes de science. A toutes les époques de l'histoire de l'humanité, ils ont cherché à établir les lois mécaniques qui régissent les mouvements des astres et ont ainsi créé ce que nous appellerons « l'astronomie de position ». Plus récemment, parallèlement à cette mécanique céleste, s'est développée une autre science faisant appel aux théories modernes de la physique et de la chimie, que l'on désigne aujourd'hui sous le nom d'« astrophysique ». Celle-ci a précisément pour but de faire connaître la nature des astres, tant au point de vue de leur composition que de leur structure.

Au milieu du siècle dernier, la possibilité de l'astrophysique fut catégoriquement niée par le grand philosophe Auguste Comte, qui se montra souvent meilleur prophète. En astronomie, écrivait-il, « on se borne toujours aux phénomènes géométriques ou mécaniques, déjà ramenés à des théories générales, grâce aux mathématiques. Toutes les tentatives pour franchir ce champ naturel sont nécessairement aussi vaines qu'oiseuses, même quant aux températures. Des corps que notre vision peut seule explorer de loin, ne comporteront jamais d'études qu'envers l'étendue et le mouvement, qui constituent, à notre égard, leur unique existence réelle ». On ne pouvait guère reprocher à Auguste Comte, dont l'instruction scientifique était terminée en 1820 ou en 1825, d'avoir formulé, en 1851, un veto que les savants allemands Bunsen et Kirchhoff devaient réduire à néant, dix ans plus tard, par leur découverte de l'analyse spectrale.

Aujourd'hui encore, est-il besoin de le dire, les astres ne nous sont connus que par la vue ; « notre vision peut seule les explorer de loin », comme dirait Comte, mais nous en avons acquis une connaissance approfondie. Nous nous proposons d'expliquer rapidement où nous en sommes, tant au point de vue *méthode* qu'au point de vue *résultats*. Je vais m'occuper, ici, des lois physiques qu'on peut appliquer ; et, si cette étude apparaît comme quelque peu abstraite, qu'on n'oublie pas que les méthodes sont encore plus importantes que les résultats, puisque c'est de l'affinement des méthodes actuelles que naîtront les résultats de demain.

Comment on mesure la distance des étoiles à la Terre

Bien qu'il s'agisse ici d'*astrophysique*, il me semble indispensable d'indiquer comment on évalue la distance qui nous sépare des étoiles ; on détermine, du même coup, une donnée essentielle de la *vitesse* de l'étoile, mais la connaissance *complète* ne peut être obtenue que par l'application de lois *physiques*, dont nous parlerons dans la suite.

Restons un instant sur la Terre et rappelons comment il nous est possible de déterminer la distance TE qui nous sépare, étant en T (fig. 1), d'un point inaccessible, par exemple, d'un édifice E . Il est indispensable, pour cela, d'avoir à sa disposition un autre point, *accessible* celui-ci, par exemple un arbre T' . On vise alors (fig. 1) l'édifice E et l'arbre T' , et ces deux directions nous fournissent un angle de 73° , par exemple. Ceci fait, on plante un piquet en T et on se transporte de T en T' , tout en ayant soin de mesurer la distance TT' , soit 228 mètres. Etant arrivé au pied T' de l'arbre, on vise (fig. 2) l'édifice E et le piquet T , et ces deux directions nous fournissent un nouvel angle, qui sera, par exemple, 29° . Il ne reste plus qu'à tracer le triangle $TE T'$ sur une feuille de papier, à une échelle convenable, et de mesurer la distance TE qu'on veut connaître : on trouve ici 113 mètres (1).

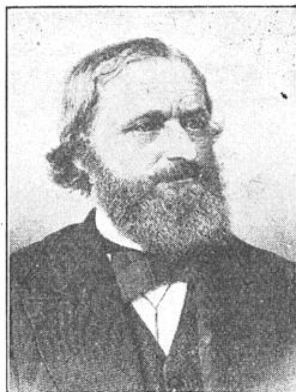
Ceci dit, on peut se servir d'une méthode analogue pour déterminer la distance qui

(1) On peut, naturellement (quand on possède les éléments de la trigonométrie), se dispenser de construire le triangle $TE T'$: un calcul simple permet d'obtenir la distance TE .

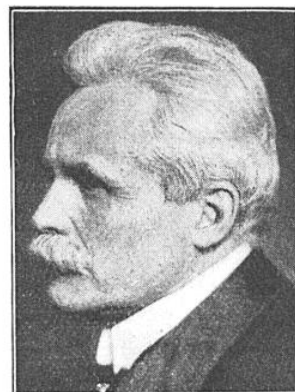
LES PRÉCURSEURS DE L'ASTROPHYSIQUE



R. W. BUNSEN
Allemand (1811-1899)



G. KIRCHHOFF
Allemand (1824-1887)



W. WIEN
Allemand (né en 1864)
TEMPÉRATURE DES ASTRES

COMPOSITION CHIMIQUE DES ASTRES

sépare la Terre de ces autres *objets inaccessibles* que sont la Lune, les planètes ou même le Soleil. Notre figure 3 nous fait comprendre comment on opère : on choisit deux endroits différents sur la Terre, par exemple New York et Valparaiso, puis, au même instant, deux observateurs visent très exactement le même point de la surface de la Lune ; les directions de visée sont indiquées sur la figure 3 par les flèches. Sans qu'il soit besoin d'insister, on peut construire le triangle $TE T'$, puisqu'on connaît la distance *rectiligne* de New York à Valparaiso (7.300 kilomètres), et que les deux visées permettent de mesurer les angles de ce triangle : c'est ainsi

qu'on trouve que la distance de la Terre à la Lune est de 60 rayons terrestres ; la lumière, qui franchit 300.000 kilomètres en une seconde, met un peu plus d'une seconde pour parcourir le trajet Lune-Terre.

La distance de la Terre au Soleil vaut 23.000 rayons terrestres, soit 150 millions de kilomètres : la lumière a besoin d'un peu plus de huit minutes pour nous arriver du Soleil.

La même méthode peut-elle nous renseigner sur la distance qui sépare la Terre des étoiles ? Non : les étoiles les plus rapprochées de nous sont encore si lointaines que la méthode devient inefficace ; en d'autres

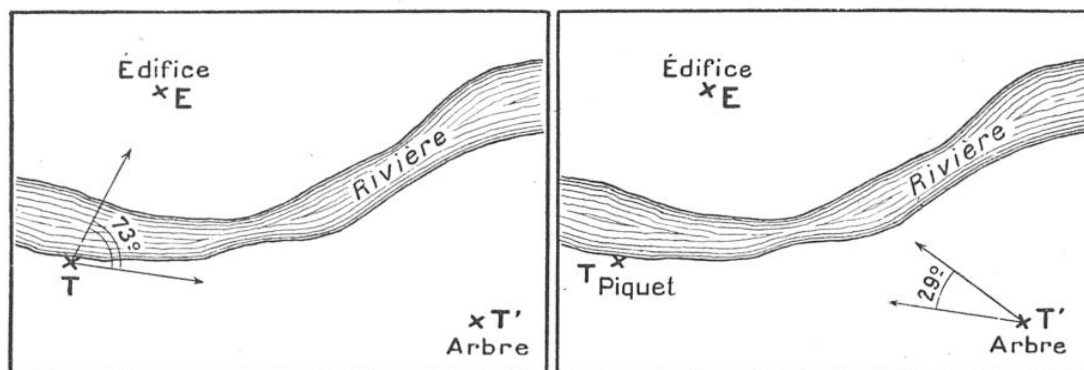


FIG. 1 ET 2. — COMMENT NOUS POUVONS MESURER LA DISTANCE
QUI NOUS SÉPARE D'UN LIEU INACCESSIBLE

Nous sommes d'abord en T et nous voulons mesurer la distance TE qui nous sépare de l'édifice E. Nous visons E, puis un arbre T' (ce qui nous donne un angle de 73°). Puis nous nous transportons de T en T' (en mesurant la distance TT'). Arrivés en T', nous visons E, puis un piquet fiché en T (ce qui nous donne un angle de 29°). Connaissant ces deux angles et la distance TT', il est facile de construire sur une feuille de papier le triangle TET' et de mesurer la distance TE.

termes, il est impossible de déceler la moindre différence dans la direction des lignes de visée, lorsqu'on observe la même étoile de deux points, aussi distants que possible, du globe terrestre.

Une remarque ingénieuse permet néanmoins de tourner la difficulté : par suite de la révolution de la Terre autour du Soleil, l'Observatoire de Paris, par exemple, se trouve, en septembre, à 300 millions de kilomètres de l'endroit où il se trouvait en mars ; soit donc T (fig. 4) la position de la Terre en mars et T' , sa position au mois de septembre de la même année. On peut alors construire le triangle TET' (1), ce qui permet de déterminer la distance TE . Lorsqu'on applique ces mesures à Sirius, étoile bleuâtre relativement voisine du système solaire, on trouve 80.000 milliards de kilomètres : la lumière met neuf ans à nous en parvenir. Bref, dans ce cas, les côtés du triangle TET' , sont : $TE = T'E = 9$ années-lumière, et $TT' = 16$ minutes-lumière.

La mesure de la distance qui nous sépare des étoiles a donc pu se faire en deux temps :

1° En prenant deux points très éloignés sur la Terre (fig. 3), on est arrivé à connaître la distance de la Terre au Soleil ;

2° Connaissant cette distance Terre-Soleil, on l'utilise comme indispensable intermédiaire (fig. 4 ci-dessus).

Lorsque les étoiles sont éloignées, il faut

(1) Plus précisément, on peut calculer ses éléments. Bien que la distance TT' soit énorme pour nous, l'angle TET' est infime, toujours inférieur à 2 secondes d'arc. Un angle de 2 secondes d'arc est l'angle sous lequel on verrait un millimètre à 100 mètres de distance.

pousser les mesures à leur extrême limite de précision : la connaissance de l'univers est donc liée, au premier chef, à la puissance des lunettes et des télescopes.

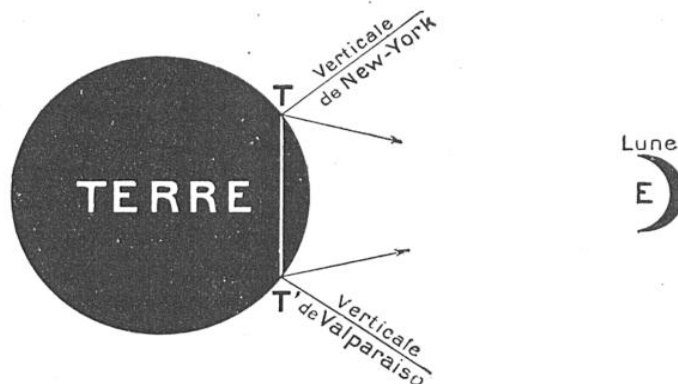


FIG. 3. — COMMENT ON MESURE LA DISTANCE DE LA TERRE À LA LUNE

On vise la Lune E au même instant de New York T et de Valparaiso T' , par exemple. Comme on connaît la distance en ligne droite TT' , on peut, comme précédemment (fig. 1 et 2), construire le triangle TET' , ce qui donne la distance de la Terre à la Lune. (Ne pas oublier que, pour rendre la figure possible, cette distance a été prise dix-huit fois trop petite.)

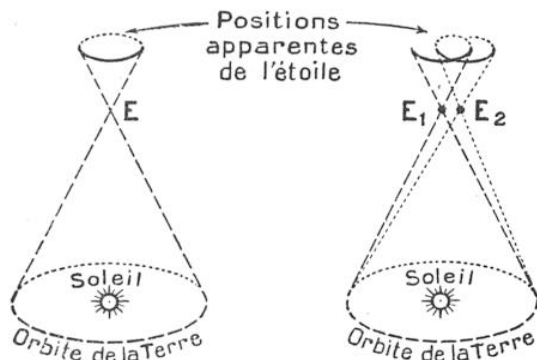
d'une ou de plusieurs années, soit en faisant des pointés à l'œil, soit en prenant une succession de clichés photographiques (100, 1.000, ... clichés). Il se présentera deux cas :

1° Les diverses positions de l'étoile E se détachent (sur le fond obscur du ciel) en décrivant une petite circonférence (fig. 5) ; on poursuivra les mesures pendant de nombreuses années, et, si on obtient toujours une courbe fermée, on en conclura que l'étoile E est fixe par rapport au Soleil (1).

2° Les diverses positions de l'étoile suivent une courbe qui ne se ferme pas sur elle-même (fig. 6) : on en déduit que l'étoile primitivement en E_1 se trouve (au bout d'un an, vingt ans, cent ans, ...) en E_2 , d'où le moyen de déterminer sa vitesse tangentielle, c'est-

à-dire sa vitesse dans une direction perpendiculaire à celle du rayon lumineux qui va de l'étoile considérée à la position moyenne de la Terre (c'est-à-dire au Soleil).

(1) Du moins, à une approximation de (tant) pour 100, que l'on peut calculer. (Il ne s'agit, bien entendu, que d'une immobilité tangentielle.)



COMMENT APPARAÎT UNE ÉTOILE AU COURS DE PLUSIEURS ANNÉES SUCCESSIVES

FIG. 5. — QUAND ELLE EST FIXE PAR RAPPORT AU SYSTÈME SOLAIRE

FIG. 6. — QUAND ELLE EST MOBILE PAR RAPPORT AU SYSTÈME SOLAIRE

Le pointé, minutieux et prolongé, des astres nous renseigne sur leurs mouvements, plus précisément sur leur vitesse tangentielle, c'est-à-dire sur leur vitesse dans une direction perpendiculaire à la ligne qui joint l'étoile à la Terre.

Signalons, sans y insister, qu'il faut tenir compte du mouvement propre du système solaire, qui se déplace à raison de 20 kilomètres par seconde vers un point parfaitement déterminé. Ce mouvement propre se décèle dans les déplacements apparents de toutes les étoiles ; ou, plus exactement, c'est par ces derniers qu'on a pu calculer les éléments de la course de notre Soleil, qui nous entraîne avec lui. Compte tenu de cet entraînement (ce qui présente des difficultés de calcul dont il est impossible de donner ici une idée), certaines étoiles se déplacent *tangentiellement* plus vite que d'autres ; et c'est là une donnée importante de l'astronomie stellaire.

La vieille astronomie (astronomie de position) est complètement incapable, en fait, de nous donner autre chose que la vitesse tangentielle. C'est l'astrophysique qui achèvera notre connaissance de la vitesse des astres, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

La décomposition de la lumière, base de l'astrophysique

C'est au XVII^e siècle que l'Anglais Isaac Newton mit en évidence la décomposition de la lumière par le prisme ; mais il fallut à l'humanité près de deux siècles pour appliquer cette découverte à l'astronomie, à la suite des travaux des Allemands Robert-Wilhelm Bunsen (1811-1899) et

Gustave-Robert Kirchhoff (1824-1887), qui fondèrent l'analyse spectrale.

Le prisme, monté avec des lentilles convenables, constitue un *spectroscope* (fig. 9), si on fait les observations à l'œil nu ; un *spectrographe* (fig. 7), si on fixe la lumière décomposée sur une plaque photographique. Notre figure 7 représente une lunette astronomique munie d'un spectrographe.

Si la lumière émise par l'étoile était simple (violette, par exemple), la fente étroite (perpendiculaire au plan de la figure 7) se reproduirait sur la plaque sous forme d'une raie fine, violette, qui, après pose et développement, laissera comme trace une raie grise. Si la lumière est plus complexe, la plaque présentera l'aspect de la figure 8 (lumière émise par Sirius) (1).

C'est ici qu'il convient de rappeler ce que

(1) Certains spectres stellaires exigent des poses de dix heures : il faut, naturellement, que tout l'appareil suive, avec une précision extrême, l'étoile dans son mouvement apparent.

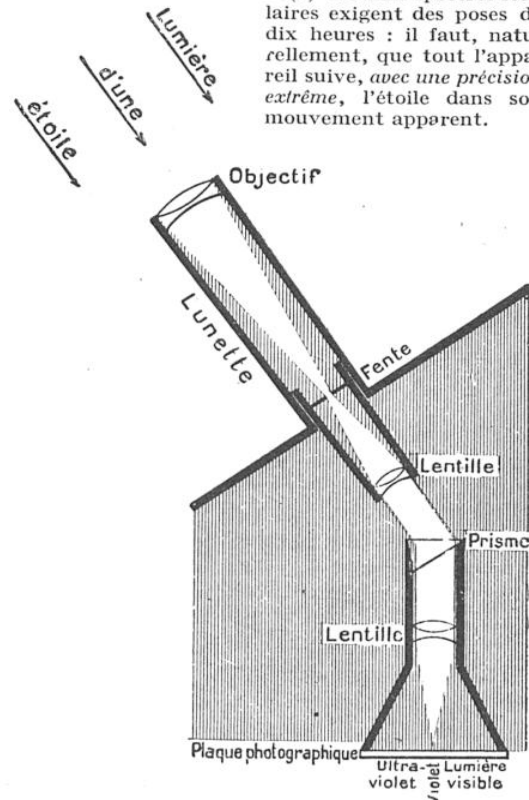


FIG. 7. — L'INSTRUMENT PRIMORDIAL DE L'ASTROPHYSIQUE : LA LUNETTE MUNIE D'UN SPECTROGRAPHE

L'image de l'étoile se forme sur la fente. Si l'étoile était violette, on verrait (après développement du cliché) une petite ligne à l'endroit marqué « violet ». En fait, on obtient toute une série de raies (tout un spectre, comme on dit). La figure 8 représente le spectre de Sirius ainsi obtenu.

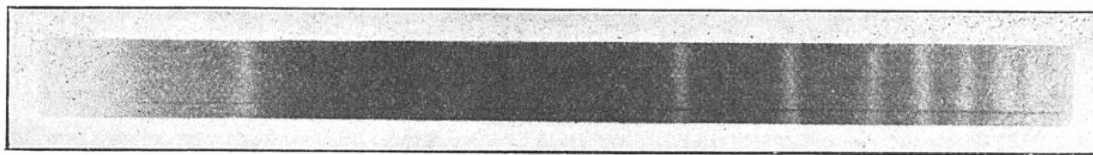


FIG. 8. — LA LUMIÈRE ÉMISE PAR SIRIUS

Lorsqu'on vise Sirius avec la lunette de la figure 7, on obtient sur la plaque photographique la bande ci-dessus. Ce cliché est un négatif : les raies brillantes sur fond obscur sont donc, en réalité, des raies sombres sur fond éclairé.

nous savons sur les différents spectres :

1° Lorsque le corps qui émet est solide ou liquide (1), le spectre produit est continu (2) : le spectroscopie (fig. 9) fournit une bande colorée où les diverses teintes (rouge, jaune, vert, bleu, violet) ont le même ordre que dans l'arc-en-ciel ; le spectrographe (fig. 7) donne une bande noire ininterrompue qui s'étend aussi dans l'ultra-violet. Nous verrons que ce spectre continu donne de précieux renseignements sur la température de l'astre considéré ;

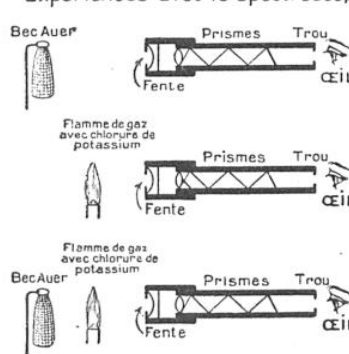
2° Lorsqu'il s'agit d'un corps gazeux (par exemple, une flamme de gaz d'éclairage chargée d'un sel métallique ou encore un tube traversé par une décharge électrique), on obtient des raies distinctes, plus ou moins fines (3), séparées par des espaces obscurs (fig. 10), ce qui prouve que, seules, certaines radiations sont émises et que les autres radiations manquent (4) ;

3° Enfin, quand la lumière émise par un solide traverse un gaz lui-même lumineux (fig. 11), on voit se détacher, sur le fond continu de la

figure 9, des raies obscures, qui ont précisément la place des raies brillantes de tout à l'heure (fig. 10) ; c'est l'expérience du renversement des raies, et le spectre ainsi obtenu s'appelle « spectre de renversement » (1). Cette expérience est facile à comprendre, si l'on sait, comme l'a établi Kirchhoff, qu'un corps absorbe en général les radiations qu'il est capable d'émettre : les deux lumières rouges et la lumière violette sont absorbées par la flamme de gaz ; elles sont certes réémises, mais avec une intensité incomparablement plus faible. Bref, les raies brillantes (fig. 10) et les raies obscures (fig. 11) ont la même intensité, mais l'apparence présentée résulte d'un effet de contraste, de même qu'une tache de boue — Montesquieu l'a fait spirituellement remarquer — semble noire sur un tissu clair et blanche sur un tissu foncé.

Nous rappellerons, d'ailleurs, que, quand on examine un astre, certaines raies obscures sont dues à l'absorption de la lumière par l'atmosphère terrestre (2) ; ces raies, dites « raies telluriques » (du mot

Expériences avec le spectroscopie



Ce que l'œil voit dans chaque cas

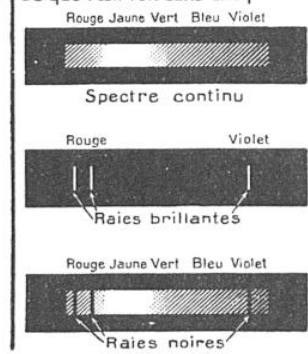


FIG. 9, 10 ET 11. — DIVERSES SORTES DE SPECTRES

Lorsque l'œil, armé d'un spectroscopie, regarde le manchon d'un bec Auer (fig. 9, gauche), il voit une bande continue et dégradée (fig. 9, droite), qui présente les couleurs de l'arc-en-ciel. Lorsqu'au contraire (fig. 10, gauche), il examine une flamme de gaz chargée de certains sels métalliques, il aperçoit des raies fines séparées par des espaces obscurs (fig. 10, droite). Quand, enfin (fig. 11, gauche), il étudie la lumière produite par un manchon Auer après qu'elle a traversé la flamme précédente, il constate que le spectre continu (de la fig. 9) est interrompu par des raies obscures qui occupent précisément la même place que les raies brillantes de tout à l'heure. Cela prouve qu'une flamme est capable d'absorber les radiations qu'elle émet : le phénomène s'appelle renversement des raies.

(1) Ou bien encore lorsqu'il s'agit d'un gaz sous très forte pression.

(2) C'est, en somme, un étalement de la fente.

(3) Ce sont autant d'« images » de la fente.

(4) Les raies larges ont reçu le nom de bandes.

(1) Ces raies apparaissent, naturellement, en clair sur fond noir sur les clichés négatifs (fig. 8).

(2) Et, notamment, par la vapeur d'eau qui s'y trouve.

latin *tellus*, terre), se reconnaissent facilement, puisqu'elles paraissent plus faibles dans les observatoires situés à de grandes altitudes que dans les observatoires au niveau de la mer.

Enfin, et c'est là le point essentiel, chacun des éléments chimiques (potassium, sodium, fer, hydrogène,...) donne des spectres, soit d'émission (fig. 10), soit d'absorption (fig. 11), distincts les uns des autres. On constate qu'à de très petites modifications près (1), les raies que nous fournissent les astres sont *identiques* à celles qu'on réalise dans les laboratoires de physique, quand on étudie les sources terrestres de lumière. On peut donc connaître les éléments chimiques qui entrent dans la composition des corps célestes grâce à l'analyse spectrale, et on prouve, par surcroît, que *la matière est la même partout, jusqu'aux limites de l'univers observable.*

La température des astres

Pour évaluer la température des corps célestes, on peut s'adresser aussi bien au spectre continu (fig. 9) qu'au spectre de raies (fig. 10).

Nous nous sommes occupés, à propos des « progrès de l'éclairage » (2), des spectres continus, et nous avons montré comment toute une pléiade de savants avait réussi à tirer au clair cette question fondamentale. En particulier, Wilhelm Wien a montré qu'un corps devient d'autant plus *bleu* que sa température est plus haute. Ceci posé, on arrive à classer les étoiles d'après leur température en mesurant l'intensité de deux radiations émises par elles ; on choisit d'ordinaire une radiation rouge et une radiation bleue.

On peut aussi mesurer l'énergie rayonnante totale que l'astre nous envoie ; connaissant la distance qui nous sépare de lui,

(1) Ces modifications sont, d'ailleurs, extrêmement intéressantes ; nous allons bientôt en reparler.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 123, p. 181-190.

connaissant, en outre, ses dimensions, il est possible de calculer le rayonnement qu'il émet par unité de surface, ce qui permet, par une seconde méthode, de se faire une idée sur sa température.

Enfin, on observe, sur Terre, qu'un même corps produit des radiations différentes suivant qu'il est porté dans une *flamme* (fig. 10), dans un *arc électrique* et dans une *étincelle* ; on arrive ainsi à déterminer l'influence de la température sur l'apparition des raies spectrales. Sans qu'il y ait besoin d'insister davantage, on peut évaluer par cette autre méthode la température des étoiles, et les résultats obtenus viennent corroborer les renseignements acquis par ailleurs.

La vitesse radiale

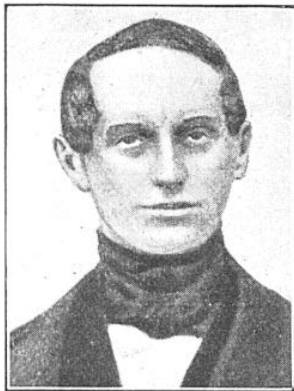
Nous avons dit comment les repérages successifs d'un même astre peuvent nous faire connaître sa *vitesse tangentielle*, c'est-à-dire sa vitesse dans une direction perpendiculaire au rayon lumineux qui

part de l'astre et qui arrive jusqu'à nous. La vitesse suivant la lignée de visée — ou *vitesse radiale* — sembla longtemps inaccessible à l'observation ; la découverte de l'Autrichien Christian Doppler (1843), complétée et précisée par le Français Louis Fizeau (1848), rendit cette vitesse mesurable.

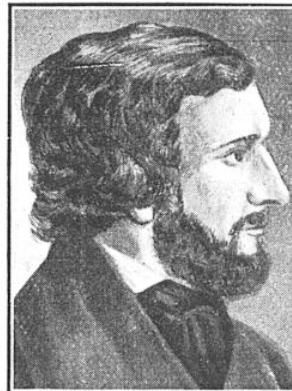
Une comparaison acoustique nous fera concevoir de quoi il s'agit : une locomotive d'express possède un sifflet qui émet un certain *do* dièse (naturellement très aigu) ; nous sommes sur le trottoir d'une petite station que l'express franchit sans arrêt et en sifflant constamment. Lorsque l'express se rapproche de nous, c'est le *ré* voisin que nous percevons ; mais dès qu'il passe à notre hauteur, le son saute brusquement du *ré* au *do* (naturel). En d'autres termes, le son nous paraît plus aigu (1) quand la source sonore se rapproche de nous ; il nous paraît

(1) Sa fréquence est trop grande.

LES PRÉCURSEURS DE L'ASTROPHYSIQUE



CHR. DOPPLER
Autrichien (1803-1853)



L. FIZEAU
Français (1819-1896)

MOUVEMENT DES ASTRES

plus grave (i) lorsque la source sonore s'éloigne de nous.

Ce même phénomène se retrouve en optique. Considérons une raie spectrale (fig. 12 haut) émise par une source lumineuse terrestre. Si nous observons la même raie émise par un astre, cette raie se trouvera décalée vers le violet (grandes fréquences), si l'astre se rapproche de nous (fig. 12, milieu), vers le rouge (faibles fréquences), si l'astre s'éloigne de nous (fig. 12 bas). De plus, la mesure de ce décalage permet de connaître la vitesse radiale relative de l'astre et de la Terre : la variation de fréquence est à la fréquence de la raie comme cette vitesse radiale est à la vitesse de la lumière.

En définitive, nous pouvons, par une judicieuse combinaison de la vieille astronomie (astronomie de position) et de la jeune astronomie (astrophysique), connaître la vitesse réelle d'une étoile : c'est tout simplement la diagonale d'un rectangle, dont les deux côtés sont (fig. 13) :

- 1° La vitesse tangentielle, déterminée par des pointés successifs de l'astre étudié ;
- 2° La vitesse radiale, déduite de l'examen du spectre de la lumière émise.

La pression à la surface des étoiles

En plus de la température des étoiles, il est loisible de connaître la pression qui règne à leur surface. Cette détermination résulte d'une découverte faite, en 1896, par deux savants américains, W. J. Humphreys et J. F. Mohler.

Si nous comparons la même raie émise dans des conditions de pression différentes, par exemple sous la pression ordinaire (fig. 14 haut) — qui doit être considérée comme une faible pression — et sous forte pression (fig. 14 bas), on constate que la raie se trouve déplacée le plus souvent vers le rouge, c'est-à-dire que sa fré-

(1) Sa fréquence est trop petite.

quence diminue. Pour un changement de pression de 100 atmosphères, la diminution de fréquence correspond sensiblement à la quatre-millième partie de la différence des fréquences qui existe, entre l'extrême violet et l'extrême rouge.

A la suite des savants qui viennent d'être cités, de nombreux astrophysiciens se sont attachés à l'étude du facteur pression, qui nous donne, sur la structure des astres, des renseignements du plus haut intérêt.

Champ magnétique, champ électrique et gravitation

Il existe trois dernières modifications des raies spectrales qui ont déjà eu ou qui pourront avoir des applications en astronomie. Ce sont l'effet Zeeman, l'effet Stark et l'effet Einstein.

L'influence du *champ magnétique* sur l'émission de lumière fut prévue mathématiquement, puis découverte en Hollande : l'illustre et regretté H. A. Lorentz (1) calcula cette action en s'appuyant sur les théories électroniques qu'il avait lui-même développées ; et, en 1897, son élève, Pieter Zeeman (1) retrouva, par l'expérience, les résultats pressentis.

Nous nous contenterons de dire en quoi consiste l'effet Zeeman dans le cas le plus simple (fig. 15) : on étudie ce qui va se passer quand une flamme jaune (flamme de gaz chargé de sel marin) est placée dans un champ magnétique. On remarque que la raie primitive se trouve dédoublée (2) ; elle est remplacée par deux raies situées à égale distance de la place qu'occupait la raie jaune avant qu'on ait lancé le courant.

Il arrive parfois que l'effet Zeeman soit bien plus complexe : au lieu de « doublets » (fig. 15) et de « triplets » (2), la décomposition magnétique comporte quatre, cinq, six, sept... composantes.

(1) Prix Nobel de physique de 1902.

(2) Elle serait détriplée, si l'examen se faisait dans une direction perpendiculaire au plan de la figure.

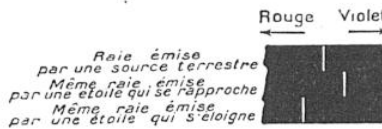


FIG. 12. — INFLUENCE DE LA VITESSE SUR LA FRÉQUENCE DES RAIES D'ÉMISSION

Suivant que la source lumineuse se rapproche ou s'éloigne de nous, une même raie se trouve déplacée, soit vers le violet, soit vers le rouge.

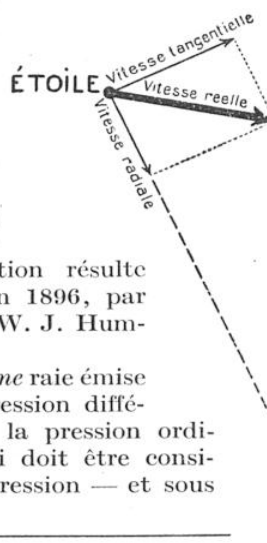


FIG. 13. — LA VITESSE RÉELLE D'UNE ÉTOILE

On l'obtient en combinant sa vitesse tangentielle (déterminée par des pointés successifs à plusieurs mois d'intervalle, fig. 6) et sa vitesse radiale (déduite de l'étude du spectre de la lumière qu'elle émet, fig. 12).

L'écart entre les deux raies (fig. 15 droite et bas) est proportionnel à la valeur du champ magnétique. Aussi, lorsque, dans un spectre stellaire, on observera un doublet Zeeman, il sera facile de connaître l'intensité du champ magnétique qui règne sur l'astre. L'effet Zeeman, en astrophysique, offre surtout de l'intérêt dans l'étude du Soleil : les grandes taches solaires sont le siège de champs magnétiques considérables, qui sont *dix mille fois* plus grands que celui qu'on observe à la surface de la Terre et qui dirige l'aiguille aimantée de la boussole.

De même qu'au voisinage d'un aimant — ou d'un électro (excité) — il y a un champ magnétique, de même l'espace compris entre les armatures d'un condensateur est le siège d'un *champ électrique* . Ce dernier champ est capable, lui aussi, de décomposer les raies spectrales, comme l'a montré, en 1913, le physicien allemand Johann Stark (prix Nobel de 1919), en se

servant de la lumière émise par la décharge électrique dans les tubes à vide ; on obtient, dans certains cas, des apparences analogues à celle de la figure 15 (droite). Jusqu'à ce jour, l'effet Stark n'a pas reçu d'applications astronomiques ; mais les astrophysiciens sont ren-

seignés sur lui et, dès que des raies d'interprétation délicate se présenteront à eux, ils ne manqueront pas de songer à la possibilité de la présence d'un champ électrique à la surface de l'astre.

Reste l'effet Einstein, conséquence de la théorie de la relativité généralisée (1915). Si on compare le spectre émis

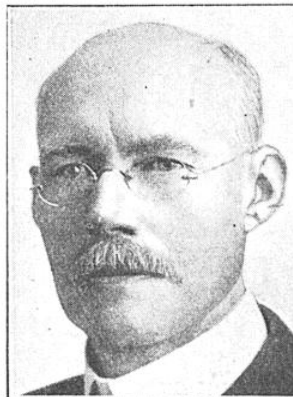
par une source terrestre et celui que produit un astre, l'illustre savant prévoit que les raies du second seront décalées vers le rouge (1) ; ce déplacement est, d'ailleurs, extrêmement faible ; il est d'autant plus considérable que la masse de l'astre est

(1) La figure 14 représente aussi l'apparence de ce nouveau phénomène.

LES PRÉCURSEURS DE L'ASTROPHYSIQUE



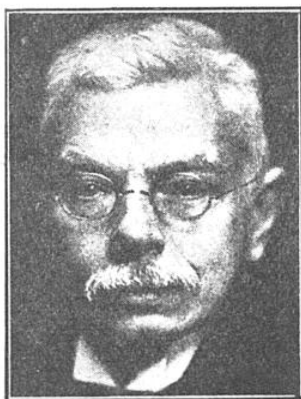
W. J. HUMPHREYS
Américain (né en 1862)



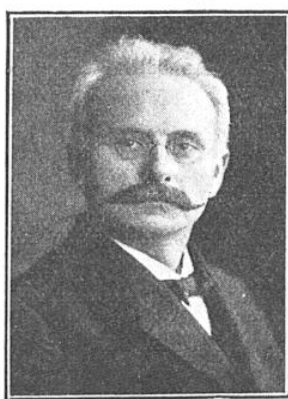
J. F. MOHLER
Américain (né en 1864)

PRESSION A LA SURFACE DES ASTRES

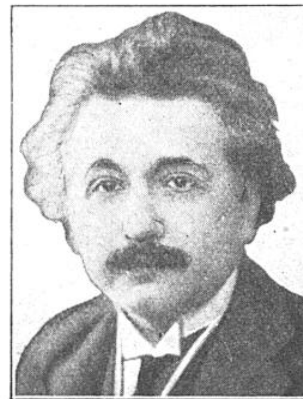
LES PRÉCURSEURS DE L'ASTROPHYSIQUE



P. ZEEMAN
Hollandais (né en 1865)
CHAMP MAGNÉTIQUE



J. STARK
Allemand (né en 1874)
CHAMP ÉLECTRIQUE



A. EINSTEIN
Allemand (né en 1879)
GRAVITATION

plus grande et que son rayon est plus petit.

L'effet Einstein a été vérifié pour le « compagnon » de Sirius (en 1927) : c'est un astre dont la densité atteint le nombre fantastique d'une tonne par centimètre cube. Au contraire, pour le Soleil, l'effet Einstein est très faible ; c'est pour cela qu'il y eut, pendant quelques années, des incertitudes sur sa vérification ; mais sa réalité, aujourd'hui, ne présente plus guère de doute.

Telles sont les principales ressources que la physique met au service de l'astronomie : grâce à la physique, les observatoires peuvent connaître les astres au point de vue de leur vitesse, de leur température, de leur densité, de leur composition chimique et aussi de la pression, du champ magnétique, voire du champ électrique, qui règnent à leur surface. L'astronomie a donc reçu de la physique un sérieux coup d'épaule...

Plus encore que dans les rapports sociaux, dans le monde des sciences, « un bienfait n'est jamais perdu ». Les étoiles

géantes commencent à intéresser le physicien, car il y voit de formidables laboratoires, où il a des chances de soumettre ses théories à l'épreuve des faits. C'est ainsi

qu'en s'appuyant sur les idées récentes, le savant allemand Otto Stern a prévu, en 1925, que la lumière pouvait se changer en matière ; les conditions de cette fantastique transformation — infiniment plus étrange que les transmutations, rêvées par les alchimistes — sont très éloignées de celles auxquelles nous sommes accoutumés sur Terre, mais il semble bien qu'elles soient réalisées sur les astres dont il vient d'être question.

Dans le passé, l'astronomie avait enseigné à l'homme la notion de *loi scientifique* ; elle lui avait appris la *mesure du temps* et les *principes de la mécanique*. On aurait pu se figurer que cette science

avait épuisé sa fécondité et qu'elle ne constituerait plus qu'un aliment à la vaine curiosité des profanes... Il n'en est rien : jamais les promesses d'avenir n'ont été plus brillantes qu'aujourd'hui.

MARCEL BOLL.



FIG. 14. — COMMENT ON DÉTERMINE LA PRESSION QUI RÉGNE À LA SURFACE D'UNE ÉTOILE

Quand on compare la même raie, émise par une source lumineuse terrestre et par une étoile, on constate que la raie due à l'étoile est généralement décalée vers le rouge : cet effet provient de la pression, et cette dernière peut se calculer en mesurant le déplacement de la raie.

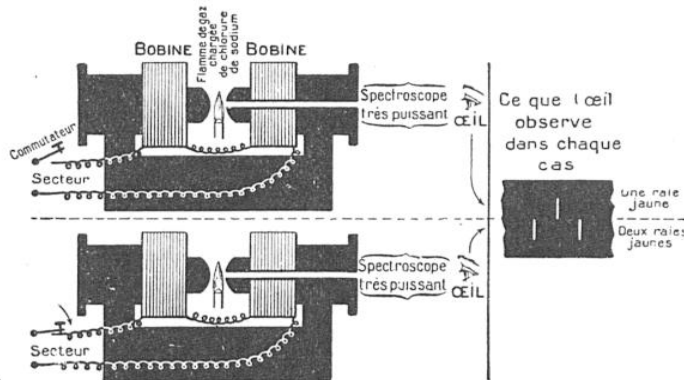


FIG. 15. — L'EFFET ZEEMAN
OU INFLUENCE D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE SUR LA LUMIÈRE ÉMISE

Une flamme de gaz, chargée de sel marin et émettant par suite une lumière jaune, est disposée entre les deux pôles d'un gros électroaimant et on observe la lumière décomposée par un spectroscopie très puissant. 1° Si le courant ne passe pas (c'est-à-dire si la flamme n'est pas dans un champ magnétique — conditions habituelles —), l'œil aperçoit une raie jaune. 2° Si le courant passe (c'est-à-dire si la flamme est dans un champ magnétique intense), la raie primitive disparaît : elle est remplacée par un doublet, autrement dit par deux raies, situées à égales distances de la position où se trouvait la raie primitive. L'observation des raies émises par les étoiles peut donc nous renseigner sur les champs magnétiques qui règnent à leur surface.

N'OUBLIONS PAS QUE :

Le progrès est dans l'ordre : cela est vrai du point de vue scientifique comme du point de vue social.

LE MONDE PLANÉTAIRE RÉVÉLÉ PAR L'ASTROPHYSIQUE

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

L'article de M. Marcel Boll (1) a montré à nos lecteurs comment on étudie aujourd'hui la structure même des astres, grâce aux méthodes précises de l'astrophysique. Passant du domaine purement théorique à l'application et aux résultats obtenus par les observations des astronomes, le professeur Houlevigue expose ici l'état actuel de nos connaissances sur le monde planétaire, le plus voisin de nous, depuis le Soleil, centre de notre monde, jusqu'à ces petits pèlerins du ciel que sont les comètes, les étoiles filantes et les météorites.

LE grand astronome français Janssen, qui fut un des créateurs de l'astrophysique, s'écriait un jour, dans un élan lyrique : « O Etoile ! Envoie-moi un de tes rayons, et je te dirai qui tu es ! » M. Boll a montré ici même (2), dans un lumineux article, la diversité et la puissance des moyens que l'optique met au service de l'astronomie ; il m'a laissé la tâche, assurément moins délicate, de justifier la prosopopée de Janssen par un bilan, nécessairement sommaire, des résultats acquis ; je me limiterai, pour ce premier article, au système solaire, plus rapproché de nous que les lointaines étoiles, et par conséquent mieux connu.

La structure du Soleil

A tout seigneur, tout honneur : notre attention doit se porter avant tout sur le grand luminaire, dont la primauté s'affirme d'abord par sa masse, 746 fois plus grande que celle de toutes les planètes réunies avec leurs satellites. Et l'intérêt personnel que nous portons à l'astre dont émane toute vie, se double d'un intérêt scientifique de premier ordre : le Soleil est l'étoile la plus rapprochée de nous, mais c'est, dans l'ensemble du firmament, une étoile comme les autres ; l'étudier, c'est donc prendre une idée de ce que sont les millions d'astres brillants qui peuplent le ciel ; l'astrophysique ne donne encore qu'une notion trop sommaire, et souvent incertaine, de sa structure ; essayons pourtant de résumer les points qui paraissent acquis.

En premier lieu, le Soleil est, dans ses couches superficielles, et probablement dans

toute sa masse, à l'état gazeux ; sa température élevée, les mouvements verticaux et horizontaux des régions visibles, leur étude spectroscopique enfin, nous en apportent la preuve, et la densité moyenne de l'astre (1,39, celle de l'eau étant 1) s'explique aisément par les pressions formidables auxquelles les régions intérieures sont soumises du fait de leur propre poids. La surface brillante qui nous semble, de loin et à l'œil nu, limiter le disque solaire est, en réalité, une zone mal délimitée, agitée par des mouvements incessants et qui diffère surtout des couches intérieures et extérieures par la quantité prodigieuse de lumière qu'elle émet ; cette couche s'appelle la *photosphère*, ou encore la couche *isotherme*, parce que sa température est à peu près constante et voisine de 6.500 degrés centésimaux ; on lui attribue une épaisseur voisine de 12.000 kilomètres, deux fois le diamètre de la Terre, et les gaz qui la constituent, formés par les atomes de corps simples vaporisés et dissociés par cette haute température, s'y trouvent à une pression assez faible, probablement inférieure à celle de notre atmosphère terrestre ; on peut s'étonner, dans ces conditions, que la photosphère émette un spectre lumineux continu, à la manière des corps solides incandescents que nous connaissons à la surface de la Terre ; le physicien hindou Megh Nad Saha a pu expliquer cet apparent paradoxe en montrant que les gaz contenus dans la photosphère sont *ionisés*, c'est-à-dire décomposés en éléments électrisés dont l'émission donne, pratiquement, un spectre continu.

Mais le Soleil ne s'arrête pas à la photosphère, et sa masse gazeuse s'étend, en se diluant progressivement, jusqu'à plusieurs

(1-2) Voir *La Science et la Vie*, page 183 de ce numéro.

millions de kilomètres au delà. Tout de suite, au contact de cette région brillante, s'étend, sur un millier de kilomètres, la *couche renversante*, un peu plus froide et déjà très raréfiée (quelques dix-millièmes d'atmosphère) qui possède la propriété curieuse d'absorber un certain nombre de radiations de la photosphère, comme un verre rouge absorbe toutes les radiations, sauf le rouge, en dessinant dans le spectre solaire un certain nombre de raies noires. Cet effet d'absorption se prolonge dans la *chromosphère*, qui s'étend, au delà, sur 10.000 ou 12.000 kilomètres ; dans cette région, la raréfaction est extrême et compa-

à entourer la tête des saints : c'est la *couronne*. Puisqu'elle n'est visible que lors des éclipses totales, les savants ne disposent que de quelques heures par siècle pour l'étudier et les problèmes qu'elle pose à leur curiosité sont loin d'être entièrement résolus ; chaque nouvelle occasion est donc saisie avec empressement. La dernière, qui s'est présentée le 8 mai 1929, a motivé l'envoi à Poulou-Condor, île située au sud de la Cochinchine, d'une mission scientifique française, dont l'un des objectifs était précisément l'étude de la température qui règne dans les régions coronales (1). De toutes ces observations accumulées, on peut conclure que

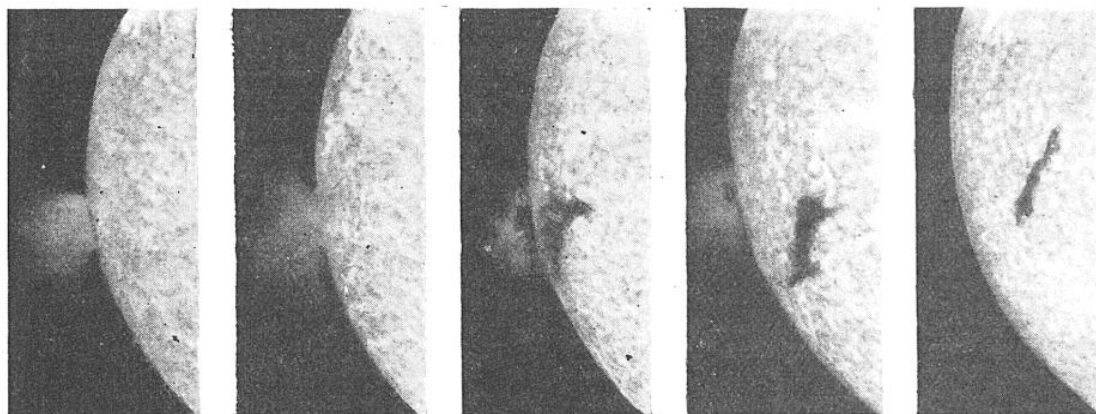


FIG. 1. — PASSAGE D'UNE PROTUBÉRANCE REMARQUABLE AU BORD EST DU SOLEIL, DU 22 MAI AU 26 MAI 1920

nable à celle qui existe aux limites supérieures de notre atmosphère. Cette zone chromosphérique est formée principalement d'hydrogène (1), qui donne un spectre où domine le rouge, et c'est pour cela que, lors des éclipses totales de Soleil — quand le disque éclatant de la photosphère est masqué par la Lune — la chromosphère, qui déborde, apparaît sous forme d'un anneau coloré d'un rose vif.

Mais ce n'est là qu'une partie du spectacle incomparable, hélas ! trop rare, qu'offrent les éclipses totales ; durant les instants exceptionnels où la photosphère est masquée par l'écran lunaire, on aperçoit, autour du mince anneau chromosphérique, une lueur diffuse, d'un gris perle, qui s'estompe progressivement au fur et à mesure qu'elle s'éloigne du Soleil et qui se résout en filaments ou en panaches, comme une chevelure courbée par un vent mystérieux ou comme les nimbes glorieux dont les peintres se plaisent

la couronne est constituée par des atomes ionisés, soutenus dans l'espace, contre l'attraction solaire, par la *pression de radiation*, c'est-à-dire par la poussée des ondes lumineuses émanées de la photosphère. Sa légèreté est extrême, car un kilomètre cube de l'atmosphère coronale ne contient qu'un gramme de matière, et c'est pour cela que les comètes peuvent la traverser sans éprouver de perturbation. Pourtant, la température y reste fort élevée, de 3.000 à 4.000 degrés, par suite du rayonnement exercé par la fournaise, toute proche, du Soleil. Quant aux gaz dont les atomes constituent la couronne, l'analyse spectrale semble y faire apparaître, avec l'hydrogène, un autre corps, inconnu sur la Terre, et qu'on suppose être un gaz plus léger que l'hydrogène ; on lui a donné, en raison de son origine, le nom de *coronium*, mais l'exis-

(1) Où flottent des nuées d'hélium et de vapeurs de calcium.

(1) Cette mission avait encore en vue d'autres problèmes, comme la propagation des ondes courtes de T. S. F. et l'étude, toujours pendante, de la proposition avancée par Einstein : la déviation des rayons lumineux par l'attraction solaire.

tence réelle de ce corps est encore incertaine.

Nous avons, jusqu'ici, décrit sommairement les voiles superposés, et de plus en plus dilués, qui recouvrent le manteau éclatant de la photosphère. Nous ne saurions rien de plus, et nous ignorerions tout du corps solaire lui-même, si ce manteau ne se déchirait par places, en nous permettant de jeter un regard furtif sur l'immensité sombre qu'il recouvre. Pourtant, nous en voyons assez pour conclure que cette masse intérieure a toutes les propriétés d'un gaz ; mais, chose inattendue, le spectre des taches nous montre que la température y est moins élevée que celle de la photosphère et paraît voisine de 3.000 degrés ; c'est ainsi que ce spectre contient, outre les raies des corps simples, hydrogène, calcium, fer, des bandes qui caractérisent des composés chimiques, oxyde de titane, hydrures de magnésium et de calcium, dont la formation n'est

possible que grâce à l'abaissement de température. Cette constatation, d'abord déconcertante, est aujourd'hui expliquée, grâce aux travaux du grand astronome américain Hale : les taches solaires sont constituées par d'immenses cyclones, par des tourbillons où la Terre s'engloutirait toute entière, par où les gaz internes se dégorgent à l'extérieur ; or, au fur et à mesure qu'ils sortent, ils se détendent et se refroidissent, comme la vapeur qui sort sous pression d'une chaudière, et telle est l'origine de l'abaissement de température dont on a constaté les effets. On peut suivre les éruptions solaires à travers la chromosphère, où elles dessinent des *protubérances*, et jusque dans la couronne, où elles se prolongent par les panaches ; une des plus belles protubérances qu'on ait observées, a été photographiée, le 8 mai dernier, à Poulou-Condor ; elle formait une arche de lumière, large de 300.000 kilomètres et qui

s'élevait à plus de 100.000 kilomètres, sous laquelle notre Terre eût passé aussi aisément qu'un piéton sous l'Arc de triomphe. Et quelques minutes suffisent à modifier complètement l'aspect de ces gigantesques éruptions gazeuses, ce qui montre avec quelle puissance sont lancés, par le foyer intérieur, les jets d'hydrogène, d'hélium et de calcium vaporisé.

Que savons-nous sur les planètes ?

Les planètes tiennent bien peu de place dans le vaste Univers, mais elles nous intéressent à cause de leur voisinage relatif ; grâce à elles, nous nous sentons un peu

moins seuls dans l'infini des cieux ; de tout temps, les hommes ont suivi leur mouvement, croyant qu'un fil invisible les reliait à leur propre destin ; les jugeant d'un point de vue purement humain, ils se sont toujours demandé en quoi les planètes différaient de celle qu'ils habitent. A cette question,

l'astrophysique apporte des réponses, naturellement plus précises pour les astres qui s'approchent le plus près de nous ; ce sont ces réponses dont je voudrais donner ici un bref exposé.

De *Mercure*, la planète la plus rapprochée du Soleil, et aussi la plus petite (elle n'est guère plus grosse que notre Lune), nous savons peu de choses, mais ce que nous savons n'est pas pour nous donner le désir d'y fixer nos pénates : un caillou desséché, une terre morte, privée de toute atmosphère et brûlée par le Soleil trop proche ; si *Mercure* tourne, comme la Terre, autour d'un axe polaire, la température moyenne à sa surface doit approcher 160 degrés centésimaux ; si, au contraire, et comme il est plus probable, il tourne toujours la même face vers le Soleil, comme la Lune vers nous, cette face insolaée doit être portée à 350 degrés, l'autre côté étant soumis, par compensation, aux froids les plus rigou-

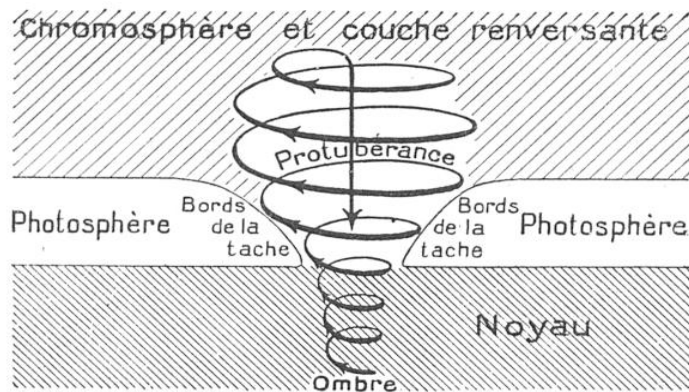


FIG. 2. — LES MOUVEMENTS TOURBILLONNAIRES DANS UNE TACHE ET DANS UNE PROTUBÉRANCE SOLAIRES

C'est au centre de la tache que les gaz sont le plus détendus et, en même temps, le plus froids.

reux, sûrement inférieurs à -100 degrés.

A côté de ce monde en miniature, *Vénus* apparaît comme un séjour paradisiaque ; un peu moins grosse que la Terre, elle est totalement encapuchonnée de nuages, qui la protègent contre l'ardeur solaire, mais qui nous empêchent de voir sa surface ; comme sa densité moyenne, 5, est très voisine de celle de la Terre, nous sommes fondés à penser que cette enveloppe gazeuse cache un globe partiellement ou totalement solidifié. *Vénus* possède sûrement une atmosphère, dont la densité est à peu près un tiers de la nôtre, mais nous ignorons quels gaz la constituent ; quant aux nuages qui voilent sa surface, ils sont faits probablement d'eau vaporisée, car, dans cette atmosphère raréfiée l'eau doit bouillir à 72 degrés ; cette température est sans doute atteinte dans les régions équatoriales, directement exposées au rayonnement solaire ; en revanche, les régions polaires jouissent vraisemblablement d'un climat fort acceptable ; pour cette raison, les astrophysiciens estiment que cette planète est, après la nôtre, la plus favorable au développement de la vie, telle que nous pouvons la concevoir d'après notre expérience terrestre.

Mars, au contraire, paraît jouir d'une réputation usurpée. Assurément, il possède une atmosphère, condition indispensable au développement de la vie, mais cette atmosphère est très diluée ; les estimations les plus raisonnables évaluent sa pression au dixième de la nôtre ; la vapeur d'eau y est vingt fois plus rare que dans notre atmosphère, ce qui s'explique par la rigueur relative du climat martien ; on sait pourtant que

les régions polaires sont couvertes, comme les nôtres, par des calottes de glace dont la largeur diminue pendant l'été et qui peuvent même fondre complètement ; les recherches récentes de W. Coblentz concluent que la température des régions équatoriales peut monter à $+10$, et même à $+20$ degrés dans les parties les plus favorisées, le côté de la nuit restant à une température voisine de

-70 degrés ; la ténuité de l'atmosphère y rend les variations de température extrêmement brutales, avec une moyenne assez basse pour que l'eau, en général liquide sur la Terre, soit normalement solide sur Mars : en somme, climat peu agréable, même pour des Lapons ; l'existence des formes supérieures de la vie, sans être impossible, n'aurait pas été discutée dans le monde savant, si certains astronomes, Schiaparelli d'abord, puis Lowell, n'avaient cru apercevoir, dans les fameux canaux de Mars, la preuve d'une activité industrielle et intelligente ; une étude plus approfondie a montré, sans erreur possible, que ceux qui avaient cru voir ces canaux avaient été les dupes d'illusions, d'ailleurs bien excusables.

Mais il reste possible, et même vraisemblable, que Mars possède une végétation, comparable à celle des toundras sibériennes, qui expliquerait certains changements saisonniers de coloration, observés à sa surface.

Jupiter et *Saturne* soulèvent des problèmes tout différents ; leur éloignement du Soleil fait qu'ils ne reçoivent du grand distributeur qu'une faible chaleur ; s'ils ne disposaient, comme nous, que de ce rayonnement, il est infiniment probable que leur température serait très basse ; mais ils doivent à leur

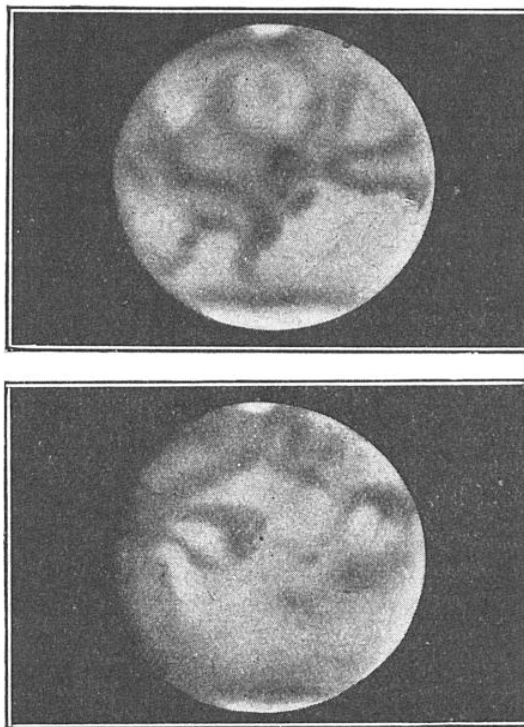


FIG. 3. — DESSINS DE MARS EXÉCUTÉS A LA GRANDE LUNETTE DE L'OBSERVATOIRE DE MEUDON

Les parties sombres, regardées jadis comme des mers ou des lacs, sont considérées aujourd'hui comme des zones de végétation couvertes de mousses ou de lichens. On remarque, aux deux extrémités, la blancheur des calottes polaires.

masse (310 fois celle de la Terre, pour Jupiter, 92 fois pour Saturne) de s'être refroidis beaucoup plus lentement que notre globe, de telle sorte qu'ils ne sont pas encore enveloppés de cette carapace solide, pratiquement isolante, qui forme écran entre la chaleur interne et la surface. Tout porte à croire que ces deux astres sont encore, dans leur masse entière, à l'état gazeux, comme le Soleil lui-même ; mais ils ont dépassé le stade solaire de l'incandescence et ne rayonnent plus de lumière, leur rayonnement étant constitué uniquement par de la chaleur obscure (ou infrarouge). L'un et l'autre sont entourés d'une atmosphère épaisse, plus dense que la nôtre et chargée de nuages qui nous empêchent de voir l'intérieur ; mais les changements de ces apparences superficielles sont probablement la marque de l'agitation interne ; certaines de ces apparences, comme la « tache rouge » et la « perturbation » de Jupiter, soulèvent des problèmes que l'astrophysique n'a pas encore résolus. Mais Saturne, cette merveille du monde solaire, nous pose une autre énigme ; depuis Galilée et Huygens, les astronomes se sont épuisés en hypothèses sur la nature de ce phénomène, unique au monde, qu'est l'anneau, ou plutôt que sont les anneaux successifs dont s'entoure la planète ; le perfectionnement des lunettes et des télescopes, les progrès de l'analyse spectrale, les observations de l'occultation des satellites ont fini par établir que les anneaux, dont la masse totale est extraordinairement faible (un millionième de celle de la planète) sont constitués par de minuscules astéroïdes, grains de poussière cosmique ou simples cailloux, tournant dans un même plan autour de l'astre.

D'*Uranus* et de *Neptune*, planètes encore plus lointaines, nous savons bien peu de choses ; elles paraissent, d'après la compo-



FIG. 5. — DESSIN DE JUPITER EXÉCUTÉ A LA GRANDE LUNETTE DE L'OBSERVATOIRE DE MEUDON

sition de leur spectre, être dans un état physique voisin de Jupiter et de Saturne, c'est-à-dire constituées par une masse encore gazeuse, entourée d'une épaisse atmosphère où semblent dominer l'hydrogène et l'hélium.

La Lune, satellite de la Terre

C'est uniquement à son extrême voisinage que la Lune doit d'attirer l'attention des rêveurs et des astronomes ; grâce à ce rapprochement et au perfectionnement des appareils optiques d'observation, nous possédons, de la face qu'elle nous montre, une notion bien plus précise que des autres astres ; mais nos connaissances ne se limitent pas à la « sélénographie » ; c'est ainsi que la question de l'atmosphère lunaire a pu être résolue, sans incertitude, par la négative : si quelques traces gazeuses errent encore, ce qui est douteux, sur le squelette de notre satellite, leur pression ne peut, en aucun cas, être supérieure au millième de la nôtre, c'est-à-dire à celle qui règne dans les tubes de Geissler. Pas davantage d'eau, solide, liquide ou vaporisée. L'étude approfondie de l'*albedo*, c'est-à-dire de la lumière solaire réfléchi par le sol lunaire, conduit à penser que le sol doit être constitué surtout par des roches comparables aux trachytes ou aux laves. Enfin, on a pu se rendre compte de la température superficielle en étudiant le rayonnement propre de la Lune, tel qu'il se manifeste dans ses éclipses, quand elle pénètre dans le cône d'ombre projeté par la Terre ; on sait que le jour lunaire dure 29 1/2 de nos jours ; pendant

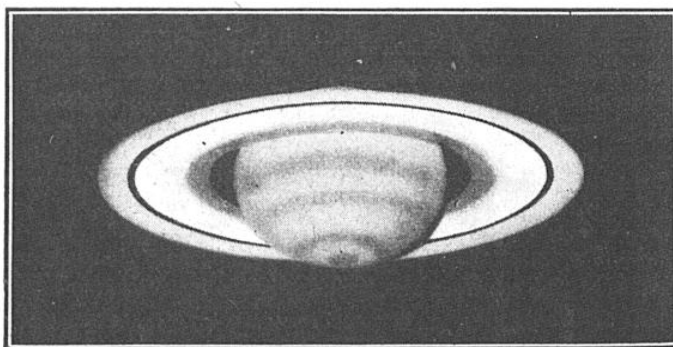


FIG. 4. — DESSIN DE SATURNE ET SON ANNEAU, EXÉCUTÉ A LA GRANDE LUNETTE DE L'OBSERVATOIRE DE MEUDON

15 jours terrestres, le Soleil échauffe sans arrêt le sol de notre satellite et, comme il n'y a pas d'absorption atmosphérique, la température peut s'élever à 100 degrés, (et même à 180 pour les régions situées au zénith). Mais, sitôt que commence la nuit lunaire, le refroidissement est brutal et, pendant les quinze jours qu'elle dure, la température peut descendre bien au-dessous de -100° . Ces résultats ne sont pas faits pour encourager les audacieux qui, depuis Jules Verne jusqu'à R. H. Goddard, ont rêvé la conquête de notre satellite. Mais ils montrent aussi que Janssen avait dit vrai et que l'astrophysique nous fournit des possibilités illimitées, dont les savants d'aujourd'hui savent tirer de merveilleux résultats.

Les pèlerins du système solaire

Notre petit monde solaire participe à la vie générale de l'Univers; il reçoit des visiteurs qui, parfois, trouvent la maison bonne et s'y installent, et d'autres fois, vagabonds impénitents, disparaissent sans retour.

Les comètes nous arrivent de l'infini, suivant des orbites paraboliques, et y retourneraient après avoir contourné le foyer solaire, si le gros Jupiter et son confrère Saturne ne modifiaient parfois leurs trajectoires; dans le cas où ils agissent en retardant la vitesse, la parabole aux branches infinies se mue en une ellipse très allongée; la comète devient, au moins pour un temps, locataire de la maison du Soleil. Nous verrons tout à l'heure comment

s'achève son destin, mais nous ne saurions comprendre cette évolution finale des comètes périodiques; sans apprendre auparavant comment elles sont faites.

Chacun sait que l'astre errant nous apparaît généralement sous forme d'un centre lumineux, qui est la tête, suivi d'un panache plus ou moins long, et parfois multiple, éclairé d'une lueur diffuse, qui forme la

queue. Mais ce dernier appendice ne se montre que lorsque la comète passe au voisinage du Soleil; à mesure qu'elle s'éloigne du périhélie, la queue se raccourcit et finit par disparaître; la tête seule reste visible bien que son éclat diminue.

Une étude attentive a montré que cette tête n'est pas faite d'un seul bloc de matière, et la preuve, c'est qu'elle est invisible lorsqu'elle se projette sur le disque brillant du Soleil ou de la Lune: elle est constituée par un essaim de pierres, pareilles aux

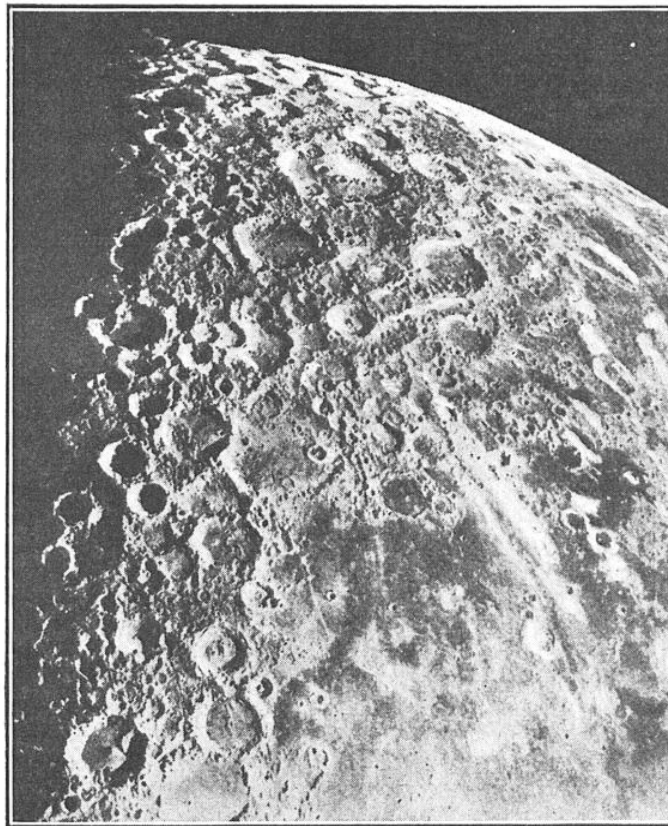


FIG. 6. — PHOTOGRAPHIE PARTIELLE DE LA LUNE
(CLICHÉ DE L'OBSERVATOIRE DU MONT WILSON)

versent parfois notre atmosphère, disséminées dans un large espace, et dont la masse totale n'atteint pas le millionième de la masse terrestre, car elle est incapable de modifier, d'une façon appréciable, le mouvement des planètes qui passent à proximité. Lorsque cet essaim d'aérolithes arrive au voisinage du Soleil, il s'échauffe aux rayons de ce foyer ardent: sa température peut atteindre 2.500° ; les pierres deviennent incandescentes et se volatilisent en partie, tandis que leur contenu gazeux, et aussi des poussières minuscules, repoussées, « soufflées » par la pression de radiation

que j'évoquais plus haut à propos de la couronne solaire, s'étalent à l'opposé du Soleil en un panache très raréfié ; la lumière émise par ce panache provient en partie de la lumière solaire diffusée, et probablement aussi d'une illumination électrique.

Ceci nous explique pourquoi la queue cométaire n'apparaît qu'au voisinage du Soleil, et aussi pourquoi les comètes « neuves », qui n'ont pas encore subi les brûlures du grand foyer, déroulent dans le ciel de splendides panaches, tandis que les comètes périodiques voient, à chaque retour, pâlir et se réduire cet appendice : c'est ainsi que la célèbre comète de Halley, à ses premières apparitions, traînait dans le ciel un admirable panache, qu'on vit décroître aux passages successifs de 1758, de 1835, et enfin de 1910, où cet astre fameux aurait passé inaperçu s'il n'avait été guetté par les astronomes.

Ainsi, la queue des comètes périodiques disparaît la première ; la tête, volatilisée par la chaleur solaire, dispersée par l'attraction des planètes dont elle coupe les orbites, finit, elle aussi, par perdre son caractère et par se transformer en essaim diffus de météorites. C'est le phénomène dont la comète de Biéla nous a montré un exemple fameux ; cet astre, dont la période de révolution était de six ans et demi, fut observé en 1826, 1832, 1846 ; mais, à cette dernière apparition, on eut la surprise de le voir se couper en deux petites comètes qui cheminèrent, quatre mois durant, côte à côte ; on les revit en 1852 ; le 27 novembre 1872, elles devaient passer tout près de la Terre ; elles manquèrent à l'appel, mais à leur place, le ciel fut illuminé par une pluie éblouissante d'étoiles filantes.

Ainsi, les comètes périodiques désagrégées se survivent en une poussière cosmique, dont les grains dépassent rarement la masse d'un gramme, qui continue à suivre, en s'éparpillant, l'orbe elliptique de l'astre géné-

rateur. Lorsque la Terre vient à traverser cet essaim, chaque grain s'illumine par le frottement contre l'atmosphère supérieure et trace dans le ciel, pendant un temps très court, à le temps de faire

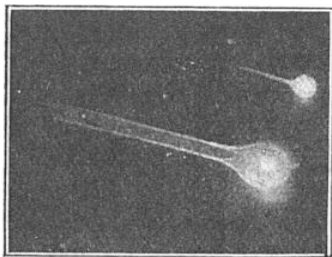


FIG. 7. — DÉDOUBLEMENT DE LA COMÈTE DE BIÉLA, LE 19 FÉVRIER 1846 (D'APRÈS STRUVE)

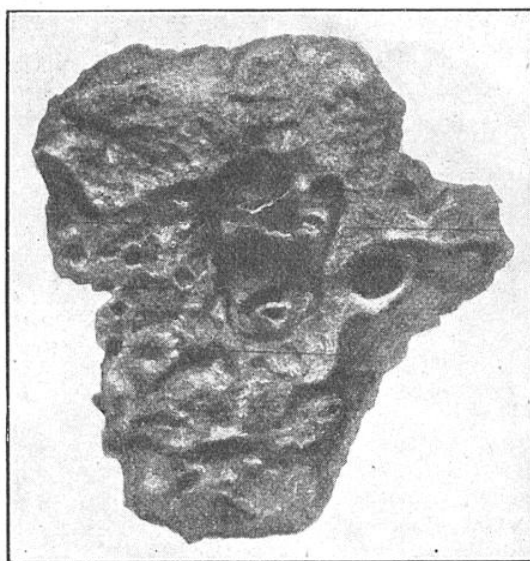


FIG. 8. - MÉTÉORITE DE SACRAMENTO TROUVÉE EN 1896 ET PESANT 237 KILOGRAMMES

Les deux lignes horizontales correspondent à des coupes faites ultérieurement en vue de l'étude minéralogique du météorite,

un vœu », un trait de lumière. C'est ainsi que la Terre, dans son parcours annuel, rencontre successivement l'essaim des *Léonides*, issu de la comète de Tempel, celui des *Perséides*, résidu de la comète de Tuttle disparue depuis 1862, sans compter d'autres essaims d'origine incertaine.

A côté de ces astres minuscules, qui voyagent en caravanes, notre ciel est encore traversé, de temps à autre, par des solitaires venus (leur vitesse nous l'atteste) des profondeurs du firmament : ce sont les *bolides* ; ils nous parviennent sous forme de solides, plus ou moins fondus ou vitrifiés à la surface, que l'analyse chimique révèle constitués, parfois, par du fer et du nickel métalliques, plus souvent par des silicates, des sulfures ou des phosphures de divers métaux, plus rarement par des produits carbonneux. La plus lourde, sans doute, de toutes ces pierres célestes, a été trouvée récemment, à moitié enfouie dans les sables de l'Adrar, en Mauritanie : c'est un bloc de ferro-nickel, long de 100 mètres, large de 40, et dont la masse doit avoisiner un million de tonnes.

Ainsi, ce n'est pas seulement par la lumière que nous communiquons avec les mondes lointains ; ces pierres, elles aussi, sont des témoins ; elles nous apportent, après l'analyse spectrale, une nouvelle preuve de l'unité fondrière de l'univers.

L. HOULLEVIGUE.

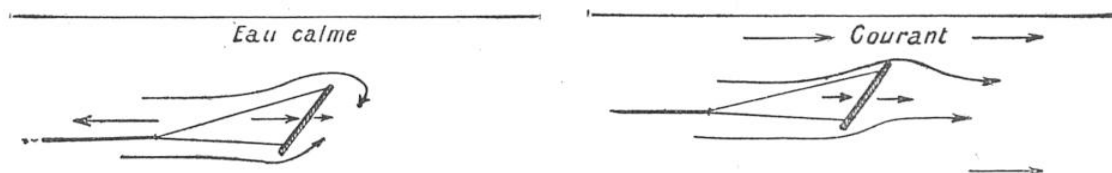
LA MECANIQUE DES ÊTRES VIVANTS ET LA MÉCANIQUE DES FLUIDES

Par Victor JOUGLA

Le professeur Magnan, dont nous avons analysé ici même (1) les remarquables travaux dans l'étude du vol des oiseaux et des avions par le cinéma, occupe, au Collège de France, la chaire récemment créée où il vient d'inaugurer un cours de mécanique des êtres vivants. Pendant ses recherches, il a fait de curieuses constatations sur la mécanique des fluides, que nous présentons ici, ainsi que l'exposé de certains « paradoxes » aérodynamiques et hydrodynamiques.

Dès le début de leurs mesures cinématographiques sur les poissons, dans différents viviers d'eau douce (Trocadéro) et d'eau marine (Nice), M. Magnan et son collaborateur Sainte-Laguë ont constaté un étonnant paradoxe. Tout semble, d'ailleurs, n'être que paradoxe dans la science générale des fluides, — si l'on entend par « paradoxe » l'expression d'un conflit entre la théorie classique et l'observation.

soi-disant observée, de cette résistance de l'eau, telle qu'elle est admise jusqu'ici, dans l'établissement des coques de navires et spécialement des sous-marins. La résistance de l'eau à l'avancement d'un corps immergé serait proportionnelle au carré de la vitesse, à la section du corps et à un « coefficient de forme » K , qui varie avec le profil du mobile — ce coefficient étant réduit au minimum quand le dessin du corps



LES SINGULARITÉS DU MOUVEMENT RELATIF D'UN MOBILE RÉSISTANT ET DU MILIEU LIQUIDE
OU IL EST PLONGÉ

A gauche : le mobile (une planchette) est traîné en eau calme. A droite : la même planchette est fixée immobile, dans un courant liquide. Bien que la vitesse du mobile en eau calme, dans le premier cas, ait été choisie égale à la vitesse du courant dans le second, la « résistance » de la planchette au mouvement se trouve majorée d'environ 30 % dans le second cas. Ce « paradoxe » s'explique si l'on envisage les mouvements tourbillonnaires des filets liquides qui s'ajoutent positivement dans le premier cas, négativement dans le second, au mouvement relatif de l'objet matériel.

Paradoxe, en effet, cette première loi de Newton, dite « du sinus carré », si longtemps acceptée, en vertu de laquelle on démontre qu'une hirondelle doit normalement déployer une puissance de 25 chevaux. Le même raisonnement reporte la possibilité du vol humain à des chiffres astronomiques, quant à la puissance du moteur et à la voilure (120 mètres carrés).

Paradoxe encore que cette loi mathématique de d'Alembert, d'après laquelle une sphère en mouvement dans un liquide incompressible n'éprouve aucune résistance. Et, paradoxe également, la loi générale,

immergé répond à la fameuse surface ovoïde (renflée à l'avant), calculée par Euler.

Prenez, en effet, un corps quelconque — avec une simple planchette, le phénomène ressortira mieux — traînez-le en eau calme ; la résistance mesurée décèle un certain coefficient K . Puis fixez le même corps dans une eau courante : le coefficient de résistance sera différent. C'est le paradoxe de Dubuat, qui l'a mis, le premier, en lumière. Imaginez que ces réactions relatives des fluides et des corps mobiles se retrouvent *encore plus accentuées* en aérodynamique et vous constatez que, dans les « souffleries » on étudie précisément un corps *fixé* dans un courant d'air, alors que l'oiseau et l'avion réels sont

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 37 ; 146, page 141 ; 147, page 215.

des corps en mouvement dans un fluide *approximativement immobile* ! Seul, le cinéma permet donc la mesure du phénomène aérodynamique réel.

Mais voici que dans la science hydrodynamique elle-même, M. Magnan a décelé un nouveau « paradoxe » : il a montré que, pour certaines espèces de poissons particulièrement bien profilés, la résistance à l'avancement est *proportionnelle à la vitesse* et non au carré de la vitesse.

Les observations ont été réalisées, au cinéma, sur des maquereaux fraîchement pêchés et lestés de plomb (dans leur cavité buccale). Elles ont donné ces résultats paradoxaux à la suite de l'analyse mathématique qu'en a faite M. Sainte-Laguë. Elles semblent donc à l'abri de toute critique bien qu'elles renversent les formules classiques établies, en 1870, par Jössel.

Les conséquences pratiques de tels résultats peuvent être considérables.

Dans la conclusion de leur volumineux mémoire sur la *Théorie du Poisson* (Services techniques de l'Aéronautique, Bulletin n° 58), MM. Magnan et Sainte-Laguë comparent les dimensions et les puissances théoriques qu'il faudrait assigner respectivement aux requins et aux sous-marins pour mettre en accord les théories existantes avec les données *réellement observées*.

Un requin peau bleue, s'il appliquait à sa propulsion (en vertu de la loi de similitude admise en hydrodynamique) les données des constructeurs de sous-marins, devrait posséder 0 ch 45 de puissance par kilogramme. En réalité, la puissance par

kilogramme d'un requin peau bleue de 2 mètres est treize fois moindre. Cependant, il nage à raison

de 11 mètres par seconde, alors que le sous-marin (type O'Byrne, longueur 52 m) ne file, sous l'eau, qu'à raison de 4 mètres par seconde.

En renversant la question, un requin peau bleue de 2 mètres de long (31 kilos) ne saurait posséder que $\frac{1}{160}$ ch par kilogramme et une vitesse de 84 centimètres par seconde, s'il se conformait aux règles de construction navale (des sous-marins du type O'Byrne).

Bien entendu, il ne faudra jamais compter égarer le poisson en « finesse », dans la construction des coques sous-marines. Le poisson n'est pas un corps rigide comme un navire. De plus, il dispose d'une squamosité superficielle, facteur probablement très important pour la facilité de ses mouvements. Peut-être utilise-t-il encore des phénomènes électrocapillaires pour combattre les forces visqueuses de l'eau s'opposant à sa marche.

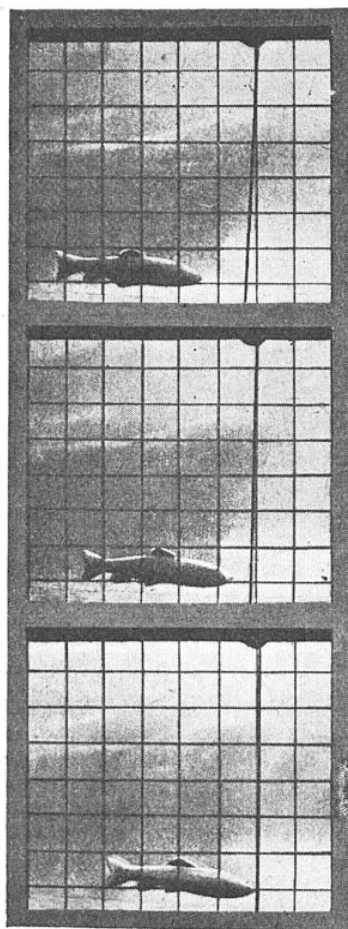
Quoi qu'il en soit, les faits révélés par MM. Magnan et Sainte-Laguë montrent une telle disproportion entre les

deux appareils, le sous-marin mécanique et le requin vivant, qu'il n'est pas téméraire de songer à des progrès futurs, probablement insoupçonnés, dans l'établissement des coques et des carènes — et aussi dans l'énoncé des lois théoriques de l'hydro-

dynamique comme, *a fortiori*, de celles de l'aérodynamique.

Une fois de plus, l'étude des phénomènes naturels au laboratoire aura contribué au progrès de la technique industrielle.

VICTOR JOUGLA.



SPÉCIMENS D'UN FILM CHRONOPHOTOGRAPHIQUE DE MM. MAGNAN ET SAINTE-LAGUË

La vitre de l'aquarium est couverte d'un quadrillage analogue au « cadre-repère » utilisé pour la chronophotographie des avions (1). Un pendule battant la seconde se balance devant l'objectif (on en voit le fil de suspension se rapprochant progressivement de la seconde verticale du quadrillage, à droite). L'opérateur possède ainsi les données de temps et d'espace qui lui permettent d'étudier les mouvements du poisson en fonction des battements des nageoires, mais surtout en « nage filée » — nageoires immobiles — ce qui correspond au vol plané des avions.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 147, page 215.

LES RECHERCHES DE NOS TECHNICIENS PLACENT LES TÉLÉMÈTRES FRANÇAIS PARMI LES MEILLEURS DU MONDE

Par Armand de GRAMONT

DOCTEUR ÈS SCIENCES, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'INSTITUT D'OPTIQUE

Le géomètre arpenteur qui établit rapidement des levés topographiques, le photographe dont l'appareil exige une mise au point précise, le navigateur qui détermine la distance approximative d'un phare, d'une bouée ou d'une jetée, l'officier de tir d'un bâtiment de guerre qui veut mesurer l'éloignement de l'objectif désigné, en un mot, tous ceux qui doivent connaître rapidement la distance à laquelle se trouve un objet quelconque, ont à leur disposition, des appareils appelés télémètres. Ces appareils, grâce aux progrès réalisés au cours de ces dernières années, permettent d'effectuer des mesures avec une erreur minime, parfaitement négligeable dans la plupart des cas où leur utilisation peut être envisagée dans la pratique. Détails de construction mis à part, les télémètres se classent en deux groupes : les télémètres à coïncidence et les télémètres stéréoscopiques. Les premiers donnent deux images décalées d'un même objet (intéressant chacune une partie du champ de l'appareil) et que l'observateur amène à coïncidence. Les appareils du deuxième groupe augmentent la sensation de profondeur que donne la vision binoculaire, et permettent de comparer l'éloignement de l'objet à celui d'un index mobile qui semble se déplacer dans l'espace. Les télémètres à coïncidence exigent que l'objet ait des contours bien définis, tandis que les télémètres stéréoscopiques, quoique d'un maniement plus délicat, présentent l'avantage, à côté d'une plus grande clarté du champ, de situer un objet quelconque — une fumée, par exemple — avec une précision supérieure, dans ce cas, à celle des appareils du premier groupe. La construction des télémètres doit être extrêmement robuste et précise, si l'on veut que l'erreur commise reste admissible. Notre éminent collaborateur, M. Armand de Gramont, président du Conseil de l'Institut d'optique, expose ci-dessous le principe de ces appareils et les progrès accomplis en France dans leur construction. A l'heure actuelle, on peut affirmer que les télémètres français sont particulièrement recherchés par les armées et les marines étrangères.

Qu'est-ce qu'un télémètre ?

LE télémètre est un instrument de mesure qui permet de déterminer rapidement, par triangulation, la distance d'un objet quelconque. Considérons une base A (fig. 1) d'une longueur connue, munie de lunettes L_1, L_2 à ses deux extrémités et supposons que nous voulions déterminer la distance d'un but B . La lunette L_1 est fixe sur la base A , avec laquelle elle forme un angle droit; la lunette L_2 , au contraire, peut tourner dans le plan de triangulation.

Disposons la base A dans un plan horizontal et orientons-la de façon à voir le but B sur l'axe optique de la lunette L_1 . Ensuite, faisons tourner la lunette

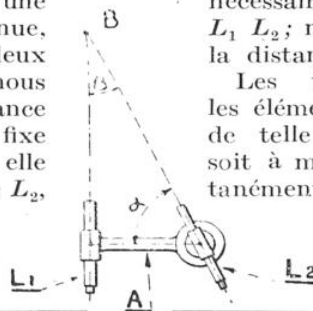


FIG. 1. — LE PRINCIPE DE LA TÉLÉMÉTRIE
En visant successivement le point B , au moyen des lunettes L_1, L_2 , de chacune des extrémités de la base A , on déduit de la mesure de l'angle α la distance de B à la base.

L_2 jusqu'à lui faire viser, à son tour, le but B . Si le dispositif nous permet de mesurer avec précision l'angle α , formé par l'axe optique de cette lunette avec la base A , nous aurons tous les éléments nécessaires à la résolution du triangle $B L_1 L_2$; nous connaîtrons par conséquent la distance $B L_1$ que nous cherchons.

Les télémètres actuels comportent les éléments de la figure 1, mais disposés de telle façon qu'un seul observateur soit à même de viser le but et, simultanément, d'en mesurer la distance.

Au lieu de deux lunettes dirigées vers le but, nous emploierons d'abord deux surfaces

réfléchissantes à angle droit M_1, M_2 , disposées aux extrémités d'un tube constituant la base même du télémètre (fig. 2).

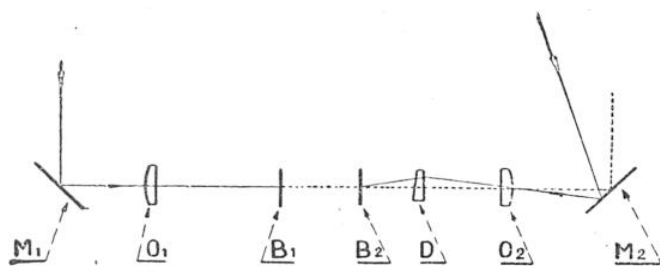


FIG. 2 — SCHÉMA OPTIQUE MONTRANT LA MARCHÉ DES RAYONS LUMINEUX DANS UN TÉLÉMÈTRE

La base du télémètre est ici la distance des deux miroirs M_1 et M_2 , qui fournissent, par l'intermédiaire des objectifs O_1 et O_2 , deux images du but que l'on peut amener simultanément devant l'œil de l'observateur.

Si nous fixons dans ce même tube télémétrique, devant chacun de ces miroirs M_1 et M_2 , des objectifs O_1 et O_2 , nous disposons finalement de deux images du but prises de deux points de vue différents et que nous pourrions utiliser, en les amenant simultanément devant le même observateur, pour fixer la distance du but.

En réalité, les surfaces réfléchissantes M_1 et M_2 ne sont pas constituées par de simples miroirs dont les moindres déplacements agiraient sur la marche des rayons, mais par des équerres optiques (1).

Ainsi, nous disposons, vers le milieu du tube du télémètre, de deux images du but, qui viennent se former en B_1 et B_2 : l'une de ces images, B_1 , se forme sur l'axe même du tube, puisque nous avons admis que nous nous servons de la partie gauche du télémètre pour viser le but choisi ; l'autre, B_2 , se trouve légèrement décalée, ce décalage étant d'autant plus grand que le but est plus rapproché. Il s'agit finalement de mesurer ce décalage, mesure qui nous fournira, par simple lecture d'une

(1) Une équerre optique (fig. 3) est formée de deux surfaces argentées disposées à 45° ; il est facile de vérifier que le rayon (supposé dans le plan de la figure), après sa double réflexion, fait avec la direction incidente un angle double de celui des surfaces argentées, soit 90° , et ceci, même si l'équerre optique n'est pas normale au rayon incident. C'est le Colonel Goulier, qui, en précurseur éclairé, appliqua le premier, dès 1864, les équerres optiques à la télémétrie.

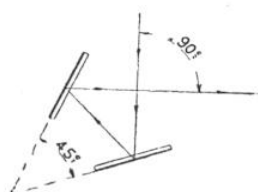


FIG. 3. — ÉQUERRE OPTIQUE

Constituée par deux surfaces argentées, l'équerre optique remplace maintenant, aux extrémités de la base, les miroirs, tels que M_1 et M_2 de la figure précédente.

la distance que nous cherchons.

Les organes que nous venons de signaler se retrouvent dans tous les modèles de télémètres ; mais il existe deux méthodes différentes pour mesurer le décalage des images du but, méthodes qui constituent la télémétrie à coïncidence, d'une part et la télémétrie stéréoscopique, de l'autre.

Dans les lignes qui vont suivre, nous allons décrire sommairement ces deux méthodes et montrer comment un seul homme peut, en un temps très court, déterminer la distance d'un but. Nous

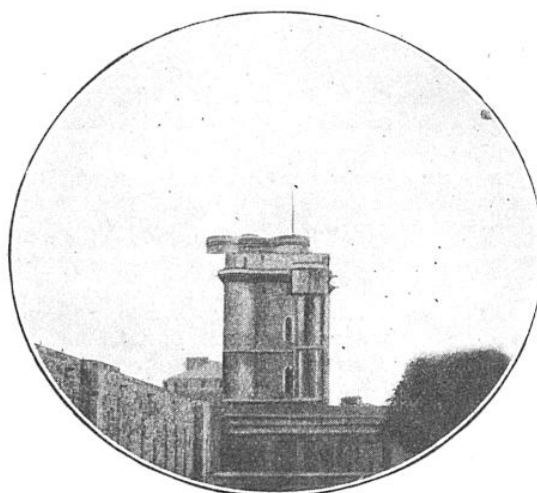


FIG. 4. — ASPECT DU CHAMP D'UN TÉLÉMÈTRE À COÏNCIDENCE À DEMI-CHAMPS DROITS

Le décalage entre les images correspondant aux deux extrémités du tube du télémètre se traduit par une coupure horizontale de l'image, la partie supérieure étant déportée vers la gauche. L'opérateur, agissant sur le petit prisme D de la figure 2, ramène la partie supérieure dans le prolongement de la partie inférieure ; du déplacement du prisme D, il déduit la distance de l'objet.

indiquerons ensuite quelques emplois du télémètre dans diverses branches de l'activité humaine.

Il y a deux sortes de télémètres :

I. Le télémètre à coïncidence

La méthode dite à coïncidence est la plus ancienne et remonte à 1880 ; elle a été appliquée pour la première fois dans sa forme actuelle par les constructeurs anglais Barr et Stroud.

Le télémètre à coïncidence ne comporte qu'un oculaire placé devant l'œil droit de

l'observateur ; un jeu de prismes divise le champ de cet oculaire en deux parties séparées par un diamètre horizontal. Dans la partie inférieure du champ, on amène l'image de la partie gauche du télémètre (telle que B_1 de la fig. 2) et dans la partie supérieure du champ, l'image B_2 provenant de l'équerre optique de droite. Le décalage dont nous avons parlé se manifeste alors par une coupure de l'image à la hauteur du diamètre horizontal (fig. 4).

On voit que la partie supérieure de la tour est déportée à gauche de son axe. Pour ramener les deux parties de l'objet dans le prolongement l'une de l'autre, le télémétriste dispose d'un prisme d'angle très faible D (voir fig. 2) qu'il peut déplacer le long de l'axe

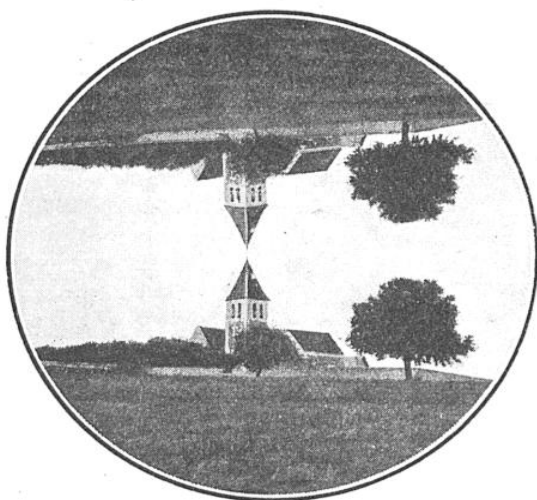


FIG. 5. — ASPECT DU CHAMP D'UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE, A DEMI-CHAMP SUPÉRIEUR RENVERSÉ

Le renversement de l'image du demi-champ supérieur permet la mise en coïncidence de sommets de clochers ou d'arbres, mais présente l'inconvénient de diminuer de moitié le champ de l'instrument.

du télémètre. A un but déterminé correspond une position définie du prisme déviateur, qui donne, par lecture directe sur une échelle graduée, la distance cherchée.

Le déplacement de l'image qu'il s'agit d'obtenir est, en réalité, très faible, car nous le voyons, dans la figure 4, multiplié par le grossissement de l'oculaire ; il n'est parfois que d'une fraction de millimètre ; le prisme déviateur, au contraire, dispose d'une course de plusieurs centimètres. C'est une sorte de démultiplicateur optique, et c'est à lui que l'appareil doit sa grande précision.

La mise en coïncidence est facile, notam-

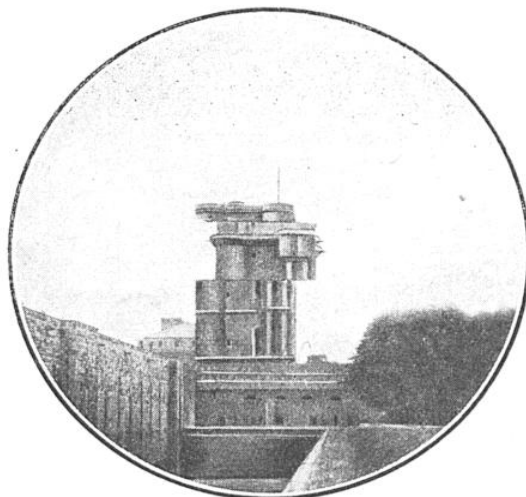


FIG. 6. — ASPECT DU CHAMP D'UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE A BANDE DROITE

Le principe de cet appareil est le même que celui de la figure 5, mais son champ effectif est beaucoup plus grand.

ment si l'on dispose de lignes verticales, mâts, cheminées d'usines, poteaux télégraphiques, tours cylindriques, comme sur la figure 4, par exemple.

Il arrive que l'objectif observé ne remplisse pas cette condition, mais présente à son sommet une pointe ou un signe remarquable : un clocher d'église, par exemple, une branche émergeant au sommet d'un arbre. Dans ce cas, la tâche du télémétriste est rendue plus aisée par le renversement de l'image du champ supérieur (fig. 5). La mise

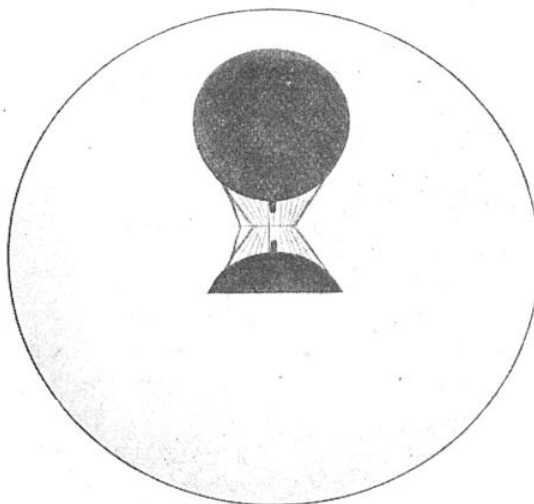


FIG. 7. — ASPECT DU CHAMP D'UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE A BANDE RENVERSÉE

en coïncidence s'opère alors sur le sommet du clocher ou de l'arbre, mais ce dispositif a l'inconvénient de diminuer de moitié le champ effectif de l'instrument, et, d'autre part, si le point remarquable se trouve à la partie inférieure du but, comme c'est le cas, par exemple, pour un ballon captif ou pour un arbre dont le tronc est net dans sa partie inférieure, on a, à la fois, les inconvénients des deux dispositifs précités.

Pour parer à ce défaut, le champ du télémètre peut être disposé comme l'indique la figure 6 : l'image sur laquelle agit le déviateur occupe une bande horizontale intéressant le centre du champ ; l'image vue dans la bande peut être droite et elle complète alors le champ circulaire ; elle peut aussi être inversée (fig. 7).

Comme nous l'avons dit, le télémétriste se sert de l'œil droit pour opérer la coïncidence ; il peut, dans certains appareils, se servir de l'œil gauche pour lire, sans mouvement de tête, la distance du but qui apparaît sur une échelle transparente.

II. Les télémètres stéréoscopiques

La télémétrie stéréoscopique utilise la sensation de la vision binoculaire, augmente les différences de profondeur que présente le paysage, et permet de fixer la distance du but au moyen d'un repère qui semble se déplacer en profondeur dans l'espace.

Pour saisir le mécanisme de la télémétrie stéréoscopique à index mobile, supposons que nous disposions de deux repères identiques placés devant nous et qu'il soit possible d'amener respectivement ces repères sur chacun des rayons allant de nos yeux à l'objectif considéré. Si chaque œil perçoit seulement le repère qui lui correspond, il arrivera, par une illusion d'optique facile à constater, que les deux repères seront fusionnés en un seul, lequel nous paraîtra être à la même distance que le but.

Si, au lieu de se trouver exactement sur les rayons allant de nos yeux au but, les repères étaient plus rapprochés l'un de l'autre, ils nous paraîtraient en avant du but ; plus écartés l'un de l'autre, ils sem-

bleraient plus éloignés que le but. (fig. 8).

Ainsi, puisque au contact de l'index et du but correspond un écart déterminé des deux repères, la valeur de cet écart, multiplié par un coefficient qui dépend de la distance des repères aux yeux de l'observateur, donne la distance cherchée de l'objet visé.

C'est cette illusion d'optique qu'utilise la télémétrie stéréoscopique : les deux images du but, provenant des deux extrémités du télémètre, se trouvent disposées devant les yeux du télémétriste ; les deux repères sont placés au centre du champ, mais, contrairement à ce que nous venons de dire, ceux-ci sont fixes, et c'est l'image de droite que l'on déplace dans un sens ou dans l'autre pour amener les points correspondants du paysage dans l'alignement de cet index. Le déplacement de l'image est fait, comme dans le cas de la télémétrie à coïncidence, au moyen d'un prisme déviateur.

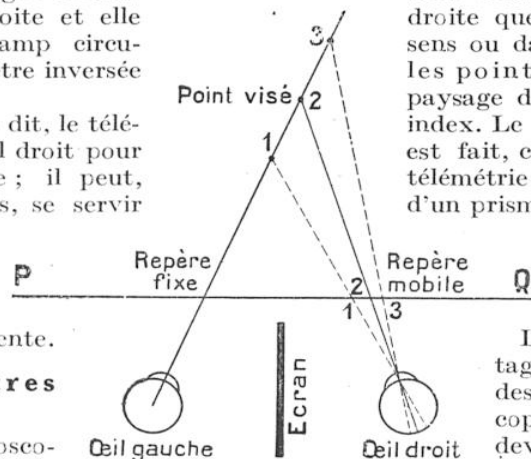


FIG. 8. — PRINCIPE DE LA TÉLÉMÉTRIE STÉRÉOSCOPIQUE

Lorsque le repère mobile se déplace le long de la droite P Q, on voit qu'en 1, il semble situé en avant du point visé 2, et en 3, en arrière, on conçoit ainsi qu'une graduation inscrite sur l'axe P Q puisse indiquer la distance à laquelle se trouve le point visé 2.

Que donnent ces deux méthodes de télémétrie ?

Les inconvénients et avantages de chacune des méthodes (coïncidence et stéréoscopie) se laissent aisément deviner : la mise en coïncidence est facile, si l'on dispose d'un but à lignes verticales et si ce but ne se déplace pas trop rapidement dans le champ de l'appareil, car il doit être maintenu sur la ligne de séparation des images. La méthode stéréoscopique, d'emploi plus délicat pour un observateur non entraîné, permet, par contre, de mesurer la distance d'un objet de forme quelconque, d'une fumée même fugitive, puisqu'il suffit de comparer son éloignement à celui d'un index qui est perçu dans l'espace comme un cerf-volant.

De plus, l'usage de la vision binoculaire donne une sensation de plus grande clarté et permet de faire des mesures correctes par faible luminosité.

La précision des télémètres dépend de leur construction

Les organes que nous venons de décrire se retrouvent dans les divers types de télémètres, mais la forme des appareils et leurs

BASE	GROSSISSEMENT	DISTANCES DU BUT (en mètres)							
		10	100	500	1.500	3.000	6.000	12.000	20.000
		ERREURS							
0 m 30	× 8	0,004	0,4	10					
0 m 50	× 10			4,8	43,6	174,5			
0 m 80	× 14			2,2	19,5	77,9	311,7		
3 m	× 25				2,9	11,6	46,5	186,1	
5 m	× 25					7,0	27,9	111,7	310,3
10 m	× 25					3,5	14,0	55,8	155,1

CE TABLEAU DONNE LES ÉCARTS EN MÈTRES CORRESPONDANT A UNE ERREUR DE VINGT SECONDES D'ARC, POUR DIVERS TYPES DE TÉLÉMÈTRES

dimensions varient suivant le but que l'on poursuit et la précision que l'on veut obtenir.

La précision d'un télémètre est directement proportionnelle à la longueur de sa base, puisque la parallaxe (1) de l'objet visé augmente comme cette base elle-même. La précision est également proportionnelle au grossissement de l'appareil; aussi, pour comparer divers télémètres, ne considère-t-on que l'erreur de parallaxe mesurée dans le champ amplifié. L'unité de mesure sera la seconde d'arc, laquelle correspond à l'angle défini par deux rayons issus d'un même point et aboutissant, à une distance de 100 mètres, aux extrémités d'une base un peu inférieure à un demi-millimètre.

Si, par exemple, un télémètre de grossissement 20 donne une erreur de quarante secondes, cela signifie que l'ensemble des erreurs — dues aux équerres optiques terminales, au bloc des prismes centraux ou à tout autre cause — n'est, en réalité, que de deux secondes.

Nous avons dit que les équerres optiques renvoyaient les rayons lumineux dans une direction faisant, avec les rayons incidents, un angle double de celui des faces de l'é-

querre optique elle-même. Il suffit donc qu'une seule des équerres optiques d'un télémètre présente une variation d'angle d'une seconde entre ses deux faces pour introduire l'erreur que nous venons de considérer.

Si l'on songe que ces instruments, à qui est demandée une précision d'appareils de laboratoires, sont destinés à être transportés en campagne sur des camions, mis en bat-

terie sans ménagement, que, sur les bâtiments de guerre, ils ont à affronter les chocs provoqués par les départs des pièces voisines ou par les éclatements des projectiles ennemis, on se fera une idée de la difficulté que présente ce genre de construction.

En dehors des dérèglages produits par les chocs violents, les causes d'erreur les plus importantes proviennent des écarts de température qui agissent à

la fois et de façons différentes sur les verres des lentilles et des prismes, et sur les parties métalliques de l'instrument. Et ce dérèglement dû à la température est presque plus difficile à combattre que le dérèglement par le choc.

D'abord, le coefficient de dilatation des métaux employés est différent de celui du verre : le coefficient de dilatation de l'acier qui est de 10 ou 11 millièmes, bien qu'inférieur à celui du laiton (17 millièmes) et à celui de l'aluminium et de ses alliages (de



FIG. 9. — TÉLÉMÈTRE PÉRISCOPIQUE A COINCIDENCE DE 0 M. 50 DE BASE EN SERVICE SUR SON PIED

(1) Si un observateur fixe un but situé à distance finie, l'angle de convergence de ses rayons visuels est l'angle parallaxique du but; on lui donne, pour abrégé, le nom de parallaxe.

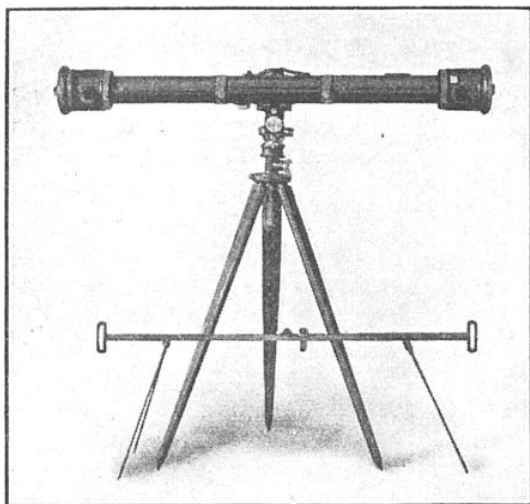


FIG. 10. — TÉLÉMÈTRE D'INFANTERIE A COINCIDENCE DE 0 M. 80 DE BASE, AVEC SA MIRE DE RÉGLAGE

18 à 20 millionièmes), est encore supérieur à celui du verre qui est de l'ordre de 6 ou 8 millionièmes, selon l'échantillon considéré. D'où une première difficulté, qui est de maintenir des lentilles ou des prismes dans une position géométrique déterminée, alors que leur support ne présente pas la même dilatation que ces lentilles ou ces prismes.

D'autre part, toute pression exercée sur le verre le déforme, soit élastiquement, soit même de façon permanente, car le verre a une faible limite d'élasticité.

Quand la tenue d'une pièce optique par sa monture métallique détermine dans le verre des tensions tant soit peu exagérées, les images deviennent mauvaises ; cette anisotropie est d'origine mécanique. Il peut s'en produire une autre : si les glaces réfléchissantes ou les prismes présentent, par suite d'un recuit insuffisant, des tensions internes, ils perdent leur planéité sous l'influence des changements de température, provoquant ainsi des déformations d'images et des déviations angulaires.

Il semble que ces problèmes soient ceux que l'on doit

résoudre dans tous les instruments d'observation ; mais, outre la complexité plus grande de son optique, le télémètre est forcément soumis à des accélérations violentes : il faut donc, en définitive, arriver à maintenir toutes les pièces optiques d'une façon solide et empêcher leur rotation, tout en permettant leur libre dilatation ; enfin, les pièces optiques doivent être dépourvues de toute tension interne.

En fait, un télémètre qui vient d'être réglé peut, avec un bon observateur, donner des mesures exactes à moins de dix secondes près ; mais il serait imprudent de compter, en pratique sur de pareilles précisions.

Dans le tableau de la page 211, nous indiquons les erreurs correspondant à un écart parallactique de vingt secondes pour des télémètres de base et de grossissement différents. De tels appareils, donnant + ou - vingt secondes d'erreur, devraient encore être considérés comme excellents.

Les télémètres modernes

La forme habituelle des télémètres est celle d'un tube rectiligne reposant par son centre sur un support ; mais on a été amené à construire des télémètres en U destinés à

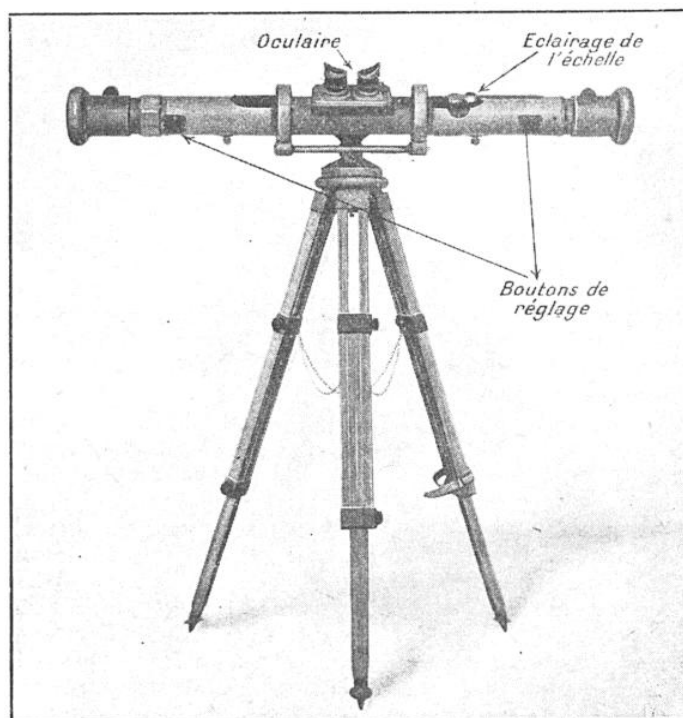


FIG. 11. — TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE DE 1 MÈTRE DE BASE A GRAND CHAMP

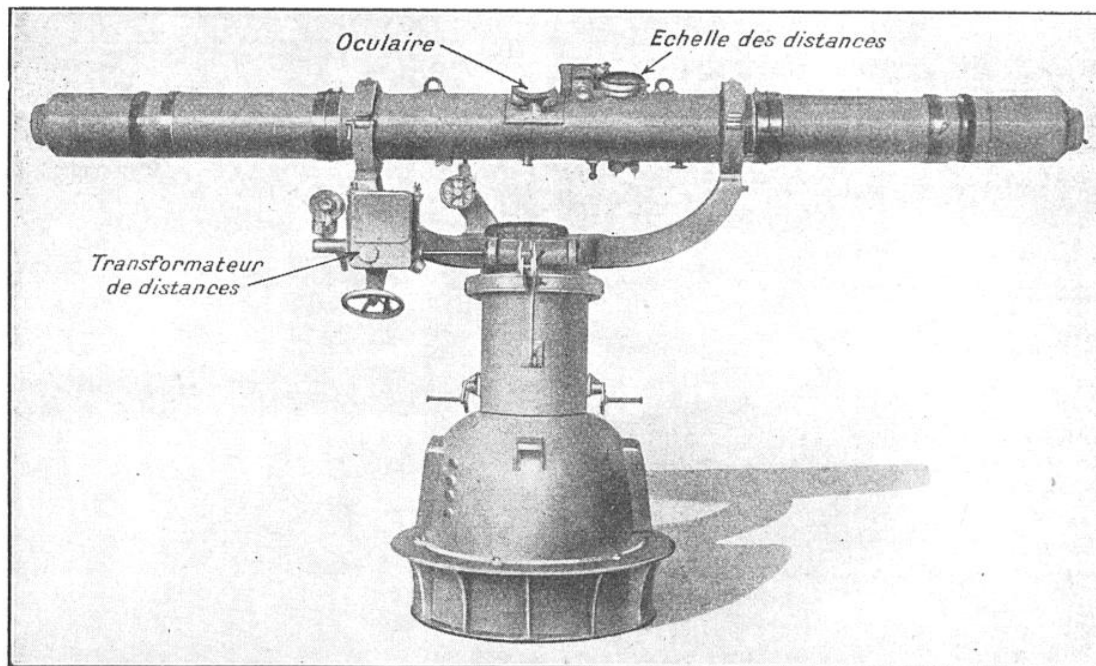


FIG. 12. — TÉLÉMÈTRE DE MARINE A COINCIDENCE DE 3 MÈTRES DE BASE

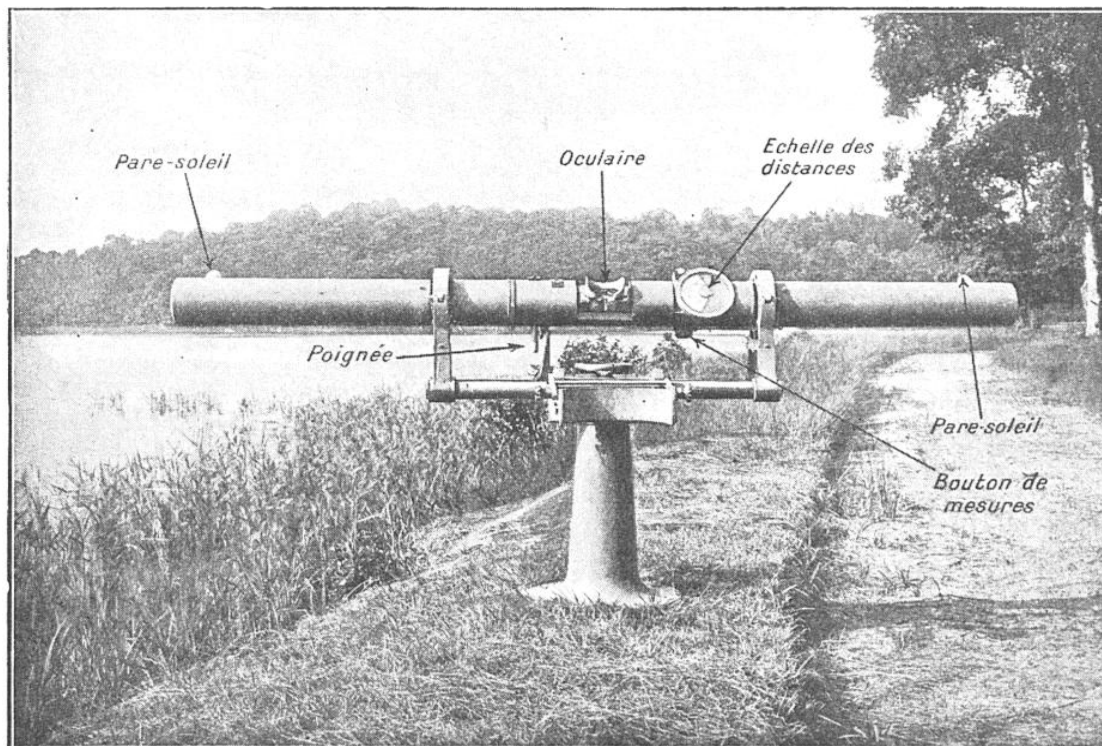


FIG. 13. — TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE DE MARINE DE 3 MÈTRES DE BASE

être utilisés en tourelle et, plus communément, des télémètres en T ou télémètres périscopiques.

La figure 9 représente un tel appareil de 0 m 50 de base et de grossissement 10. L'appareil peut être tenu à la main ou fixé sur un trépied ; la base de l'appareil est suffisamment réduite pour qu'il puisse être porté par un homme sans dépasser sensiblement la largeur de ses épaules.

Puisque la précision du télémètre est proportionnelle à sa base et à son grossissement, on devra faire varier ces deux facteurs au mieux pour le but que l'on se propose d'atteindre. La grandeur de la base dépend du moyendetransport dont on dispose : le petit télémètre de poche du photographe ne dépasse pas une douzaine de centimètres de base ; le télémètre d'infanterie a, en général, une base de 80 centimètres (fig. 10). Peut-on gagner de la précision en augmentant le grossissement ? Dans les télémètres légers, que l'on tient à la main, le grossissement ne peut dépasser 12 ou 15, car l'objet visé devient instable. D'un autre côté, les variations d'indice de l'air, occasionnées par l'échauffement solaire, produisent, surtout près du sol, une turbulence atmosphérique habituellement désignée sous le vocable anglais de *waving* ; le waving annule l'avantage d'un fort grossissement : en fait, celui-ci ne peut guère dépasser 20 ou 25. Enfin, le grossissement est encore limité par la grandeur du champ estimé nécessaire.

Il y a lieu, à ce sujet, de faire une différence entre les télémètres destinés à des buts fixes ou à faible vitesse angulaire (comme le sont généralement les objectifs de l'infanterie ou de l'artillerie de terre) et les buts aériens. La figure 11 représente

un télémètre stéréoscopique de un mètre de base, dont le grossissement a été, non sans quelques difficultés, ramené à 5 et dont le champ réel atteint 9° : il permet de maintenir dans le champ un avion rapide, volant même à basse altitude.

Par ailleurs, en mer, les mouvements propres du navire qui porte l'observateur rendent parfois sa tâche difficile ; il faut sans cesse modifier l'azimut et le site de la visée pour conserver le but dans le champ de l'appareil. L'observateur est parfois installé sur une selle, comme l'indique la

figure 12. Si le poids de l'appareil n'intervient pas, la base du télémètre n'est donc limitée que par la place disponible sur le pont du navire. A bord des gros bâtiments, on envisage l'emploi de télémètres de 5 et 6 mètres de base.

Pour les télémètres destinés à régler le tir des batteries antiaériennes, le problème est un peu différent : en premier lieu, la vitesse angulaire d'un avion

volant à une haute altitude est faible et le waving intervient peu, ce qui permet un plus fort grossissement ; mais il se pose aussi nombre de problèmes que nous ne pouvons étudier ici ; le télémètre antiaérien doit, en effet, indiquer non seulement la distance, mais encore l'altitude de l'avion.

Ces alti-télémètres affichent, d'une façon continue, soit la distance et l'altitude simultanément, soit l'altitude seule. Cette donnée, jointe à la détermination de la trajectoire de l'avion et de sa vitesse, permet, grâce à une machine à calculer particulière, de braquer d'une façon continue le canon vers un point où le projectile atteindra l'avion dans sa course. La figure 14, que nous empruntons au journal américain *Army Ordnance*, montre le dispositif de tir d'en-

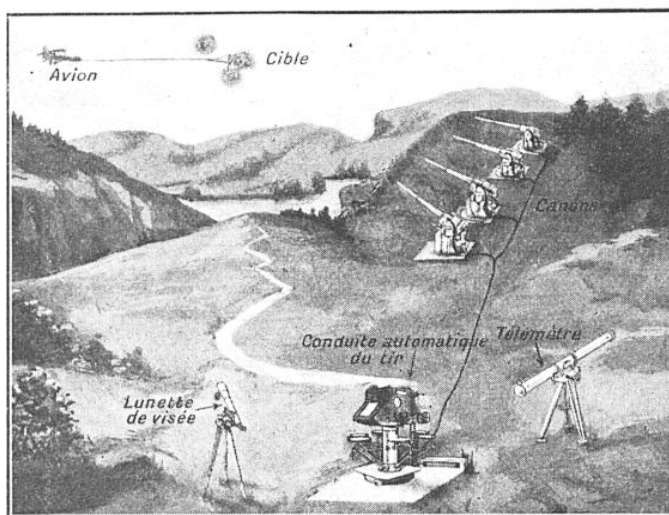


FIG. 14. — DISPOSITIF SCHÉMATIQUE DU TIR D'ENTRAÎNEMENT CONTRE AVION EN USAGE AUX ÉTATS-UNIS, MONTRANT LA TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DES INDICATIONS DE LA BOÎTE CALCULATRICE À LA BATTERIE ANTIAÉRIENNE

traînement adopté aux Etats-Unis : l'avion, au moyen d'un câble, remorque une cible aérienne. Le télémètre (1) que l'on voit à la droite de la figure transmet électriquement ses indications à la boîte calculatrice, autour de laquelle on distingue les sièges des servants. De cette boîte calculatrice, ou « predictor », part un faisceau de câbles électriques qui assurent d'une façon continue le braquage des pièces antiaériennes et le débouchage correct.

d'un point de vue élevé, on peut surveiller une zone de 25 ou 30 kilomètres de rayon ; le télémètre stéréoscopique se prête, comme nous l'avons vu, au repérage d'une fumée. Il est donc possible à un seul observateur, muni d'un plan directeur et de lignes téléphoniques, de repérer rapidement un sinistre à son début et d'alerter le poste voisin. Ce genre de surveillance est, paraît-il, adopté dans certains pays producteurs de bois où il rend de grands services.

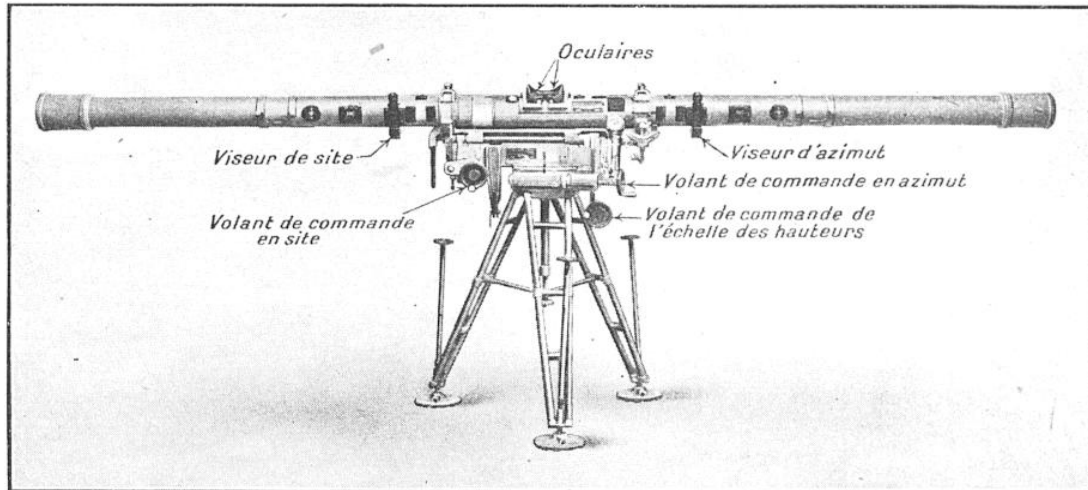


FIG. 15. — TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE DE 4 MÈTRES DE BASE POUR TIR ANTIAÉRIEN

Les applications des télémètres sont multiples

Mais les télémètres ne sont pas uniquement des appareils militaires : comme nous l'avons signalé, le photographe qui veut mettre au point pour une prise de vue, le géographe ou l'explorateur qui veulent procéder à un levé topographique, le navigateur désireux de repérer une bouée ou un phare trouvent, par simple lecture, la mesure qu'ils recherchent. L'urbaniste, l'architecte-paysagiste peuvent, en utilisant un télémètre de 30 centimètres de base, d'un encombrement réduit et facilement transportable, jalonner en peu de temps une vaste région.

Une nouvelle application, qui semble se développer à l'étranger, est la surveillance des forêts et la localisation des incendies ;

Ainsi, le télémètre, que l'on ne construisait guère en France avant la guerre, s'est imposé depuis quelques années. Nous pouvons dire que nous avons largement rattrapé notre retard en cette matière : les appareils français peuvent, à l'heure actuelle, assurer la défense nationale dans ses besoins terrestres, maritimes ou aériens ; ils sont, de plus, recherchés par un grand nombre d'armées et de marines étrangères.

Le télémètre ne saurait rivaliser, au point de vue de la précision, avec les instruments de géodésie : il trouve son emploi toutes les fois qu'on peut admettre une erreur légère. Il présente toujours l'avantage de donner instantanément la distance de l'objectif considéré.

ARMAND DE GRAMONT.

(1) Ce télémètre, de fabrication française, est reproduit sur la figure 15.

Les appareils reproduits au cours de cet article sont construits par la Société d'Optique et de Mécanique de Haute Précision et par la Société Optique et Précision de Levallois.

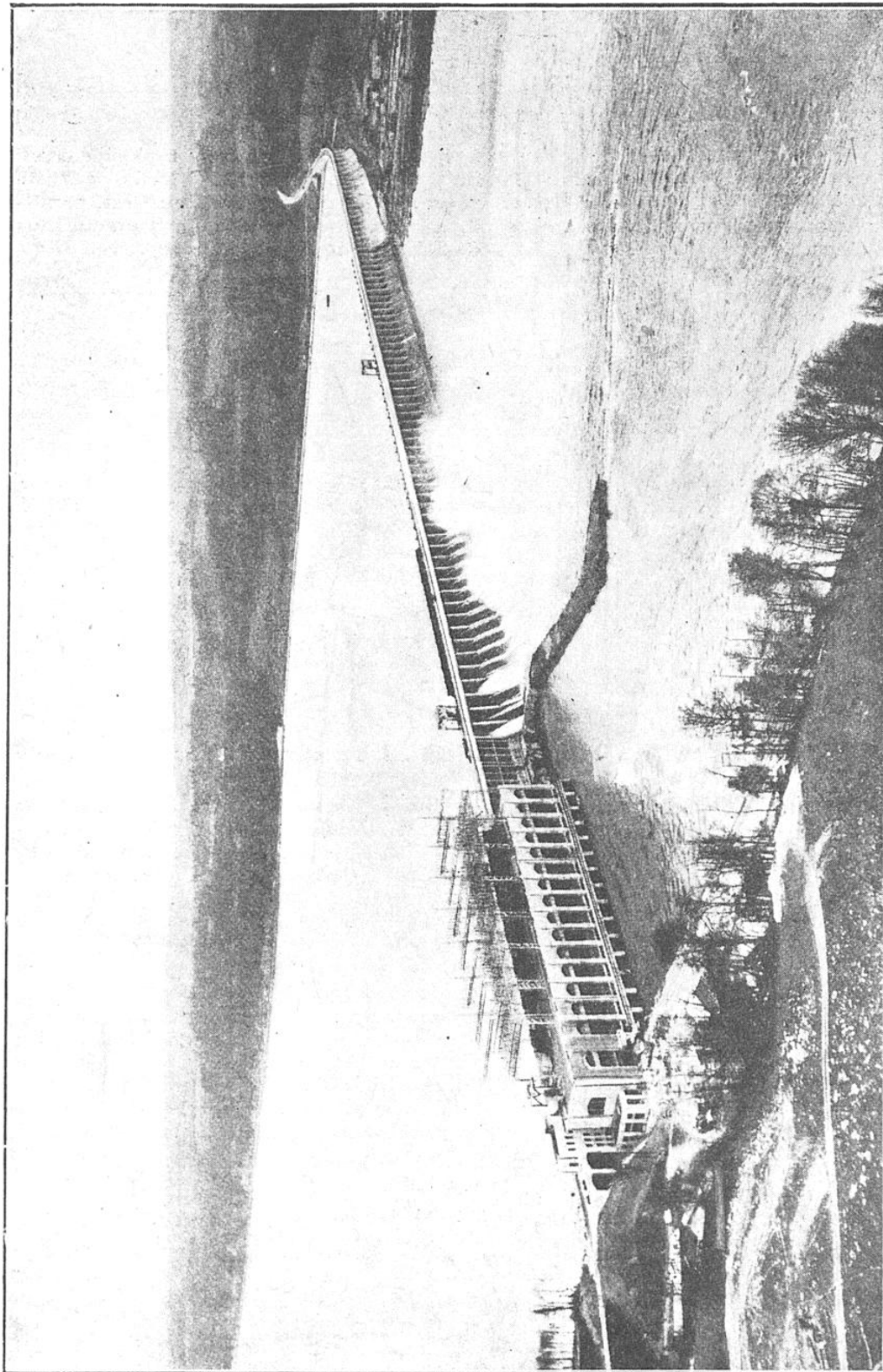


FIG. 1. — VUE GÉNÉRALE DU BARRAGE DE CONOWINCO, DE 1.450 MÈTRES DE LONG

A gauche, la centrale de 280.000 kW, dont les prochains agrandissements porteront la puissance à 440.000 kW. On remarque sur le toit de ce bâtiment l'installation à 220.000 volts. Faisant suite à l'usine se trouve le déversoir sur lequel on distingue les deux grues à portique servant à la manœuvre des vannes.

LA PLUS GRANDE CENTRALE HYDRAULIQUE DU MONDE

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Jusqu'à ces dernières années, les centrales thermoélectriques desservaient, seules, la région de Philadelphie. Elles devinrent bientôt insuffisantes. Aussi résolut-on de mettre à profit le vaste bassin du fleuve Susquehanna (72.000 kilomètres carrés) pour créer une puissante centrale hydroélectrique, qui, grâce à l'interconnexion, serait capable de fournir l'appoint nécessaire. Elle fut édifée à proximité du village de Conowingo, où la construction d'un immense barrage de 1.450 mètres de long fut relativement aisée. D'ailleurs, ce barrage, en créant un lac artificiel régulateur de 23 kilomètres de long, a fait disparaître le village dont il a gardé le nom. Equipée d'après les données les plus modernes de l'électrotechnique, cette centrale, qui possède actuellement sept groupes électrogènes de 40.000 kilowatts, verra sa puissance totale portée à 440.000 kilowatts, ce qui la mettra au premier rang des usines hydroélectriques du monde. Les lignes de transport de force qui la réunissent aux centrales thermiques fonctionnent sous 220.000 volts. Il est juste de signaler la rapidité remarquable avec laquelle les Américains ont édifié cette installation. Deux ans ont, en effet, suffi pour terminer cette œuvre grandiose, qui fait honneur à l'organisation du travail aux Etats-Unis.

LE Susquehanna est un fleuve de l'est des Etats-Unis qui part du lac Ostégo, dans l'Etat de New York, et se jette dans la baie de Chesapeake, après avoir parcouru près de 850 kilomètres à travers un pays riche en houille et dans lequel la métallurgie est extrêmement développée. L'usine hydroélectrique de Conowingo est située sur cette rivière, à environ 10 kilomètres de l'embouchure, c'est-à-dire à 105 kilomètres de Philadelphie, distance mesurée le long de la ligne de transport de force qui relie cette ville à l'usine.

Le Susquehanna est, après le Saint-Laurent, la plus importante rivière de la côte de l'Atlantique des Etats-Unis ; sa direction générale est nord-sud et la superficie drainée par elle n'est pas inférieure à 72.000 kilomètres carrés, dont les trois quarts environ sont situés dans l'Etat de Pennsylvanie, environ 20 % dans l'Etat de New York et 1 % dans l'Etat de Maryland, où se trouve l'usine de Conowingo.

La hauteur moyenne des pluies est d'environ 98 centimètres par an, pour l'ensemble du bassin, mais ces pluies, d'une manière générale, sont extrêmement variables d'une province à l'autre et d'une saison à l'autre, de sorte que les périodes de hautes eaux du fleuve sont, elles aussi, extrêmement irrégulières et se répartissent sur plusieurs mois de l'année, propriété commune d'ailleurs à

toutes les rivières de la côte. Il est assez difficile, en outre, de prévoir ces crues du Susquehanna, car si elles coïncident généralement avec la fonte des neiges ou la débâcle des glaces, elles peuvent également être dues à des pluies, locales mais très violentes, qui provoquent la montée rapide de l'un des affluents. La plus forte crue que l'on ait pu observer depuis environ quarante ans, a eu lieu le 2 juin 1889, le débit du fleuve pouvant être alors évalué à 21.000 mètres cubes par seconde à Conowingo. Le minimum observé a, par contre, été atteint en 1909, avec un débit de 62 mètres cubes seulement par seconde. On voit immédiatement d'après ces chiffres qu'il est impossible d'envisager une production d'énergie régulière sans régularisation préalable du débit du fleuve.

C'est ce que l'on a réalisé à Conowingo, par la construction d'un barrage très important et la création d'un réservoir artificiel. L'usine hydroélectrique est, d'autre part, reliée aux usines thermiques de la région de Philadelphie, ce qui permet d'utiliser le plus avantageusement et le plus économiquement possible l'énergie hydraulique disponible suivant l'état de la rivière.

Le rôle de la centrale de Conowingo

L'usine hydroélectrique de Conowingo est équipée à l'heure actuelle avec sept unités de 40.000 kW chacune, donnant, lorsqu'elles

travaillent simultanément, 280.000 kW. Les emplacements de quatre unités supplémentaires de même puissance ont été réservés, ce qui portera la puissance totale de l'usine à 440.000 kW. L'énergie électrique que l'installation de Conowingo est capable de fournir est utilisée d'une manière différente suivant l'état de la rivière.

Comme nous l'avons vu plus haut, l'usine est reliée par une ligne de transport de force à Philadelphie et fait partie du système général de production d'énergie élec-

par la partie hachurée de la figure 2, les usines thermiques devant alors fournir la plus grande partie de la demande.

Dans le premier cas, qui est naturellement le plus fréquent, on laisse les vannes du barrage ouvertes ; l'eau s'écoule partie par les turbines et partie par les vannes. Dans le deuxième cas, au contraire, on met à profit les heures de la journée où la demande est nulle pour remplir le réservoir formé par le grand barrage en amont de l'usine, de sorte qu'aux heures de « pointe », il est possible de

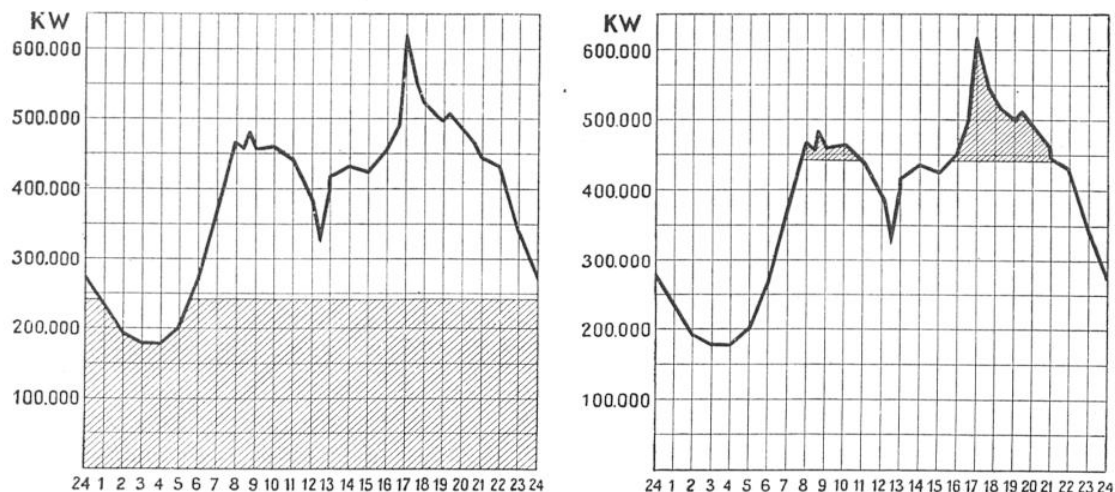


FIG. 2. — CES GRAPHIQUES MONTRENT L'ALLURE DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE POUR TOUT LE SYSTÈME DE DISTRIBUTION AUQUEL EST RELIÉE LA CENTRALE DE CONOWINGO. Les parties hachurées montrent la part que prend cette centrale à la production d'énergie, suivant l'état de la rivière. A gauche, période de hautes eaux ; à droite, période de basses eaux.

trique de cette ville, système qui comprend à la fois des usines thermiques et des usines hydrauliques.

Les courbes des figures 1 et 2 montrent l'allure générale de la demande d'énergie électrique pour tout le système et ses variations suivant l'heure de la journée. Bien entendu, cette courbe varie avec les saisons et même avec les jours, mais son allure générale reste sensiblement la même. Lorsque le débit de la rivière est suffisant, c'est-à-dire lorsqu'il est normal ou supérieur à la normale, l'usine de Conowingo doit fournir une quantité d'énergie représentée par la portion hachurée de la figure 1, tandis que les usines thermiques du système sont chargées de fournir le reste et, en particulier les « pointes ».

Au contraire, lorsque le débit du fleuve est à son minimum et incapable, par conséquent, d'assurer le service normal, l'usine n'est plus chargée de fournir de l'énergie électrique qu'aux heures de pointes, énergie représentée

répondre à une forte demande, pendant un temps relativement court.

Telle qu'elle est actuellement installée, l'usine est capable de fournir, en une année, à Philadelphie, un total de 1 milliard 250 millions de kilowatts-heure, permettant d'économiser, lorsque l'usine sera complètement achevée, plus de 750.000 tonnes de charbon ; même en cas de basses eaux, grâce au barrage et au réservoir, elle peut fournir une puissance minimum de 180.000 kilowatts aux heures de pointe.

Un lac artificiel de 23 kilomètres de long

Le Susquehanna traverse, pendant la plus grande partie de son cours, un pays extrêmement accidenté, avec des gorges profondes et des rapides locaux. La partie inférieure de son cours, en particulier, offrait pour la construction d'un barrage d'assez grandes commodités. Le fleuve est, en effet, bordé de collines escarpées et rocheuses et

son lit, comme ses rives, sont de formation granitique, garantissant de bonnes fondations.

A la suite de nombreux sondages, on adopta définitivement un emplacement situé à environ 3 kilomètres du village de Conowingo, qui a donné son nom au barrage.

Disons tout de suite que le village, de Conowingo, étant situé en amont du barrage, a complètement disparu, à l'heure actuelle, sous le lac artificiel qui s'est formé et qui n'a pas moins de 23 kilomètres de long et entre 800 et 2.100 mètres de large. Ce lac est à environ 33 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que le canal de fuite des turbines, lorsque toute l'installation fonctionne à pleine charge est à environ 6 mètres. Il reste donc une hauteur de chute utilisable de 27 mètres environ. Lorsque l'usine sera complètement terminée et fournira les 440.000 kilowatts prévus, plus de 1.800 mètres cubes

d'eau par seconde traverseront les turbines.

Le lac artificiel créé par le barrage couvre une superficie de plus de 36 kilomètres carrés.

En période de basses eaux, on dispose là d'une réserve suffisante pour fournir au système de production d'énergie plus de 5 millions de kilowatts-heure aux heures de pointe, en admettant que le niveau du lac ne baisse que d'environ 2 m 50.

Le barrage mesure 1.450 mètres de long

Le barrage de Conowingo, entièrement en béton, et dont les fondations reposent sur le roc, n'a pas moins de 1.450 mètres de long, y compris l'usine électrique qui en fait partie intégrante, comme on peut le voir d'après les photographies.

A partir de la rive gauche du fleuve, sur une longueur d'environ 370 mètres, le barrage consiste en un simple mur de retenue et

d'ancrage qui n'offre pas de particularités intéressantes.

A ce mur fait suite le déversoir proprement dit, de 690 mètres de long, prolongé par une section de 40 mètres environ où sont installées les trois vannes destinées à régler le niveau du lac. La crête du déversoir est à la cote +26,25 et est surmontée de cinquante portes mobiles, pesant plus de 45 tonnes, ayant chacune 7 mètres de haut et 12 m. 50 de large, supportées par des piliers en béton qui s'élèvent au-dessus du barrage.

Ces piliers supportent, d'une part, une route qui court tout le long du barrage et est destinée à remplacer celles qui ont été noyées par suite de la création du lac, et, d'autre part, le chemin de roulement des grues pour la manœuvre des portes. Les trois vannes de régulation de 20 tonnes chacune ont une hauteur moindre que celle des portes du déversoir, environ 3 mètres, et servent à ajuster avec

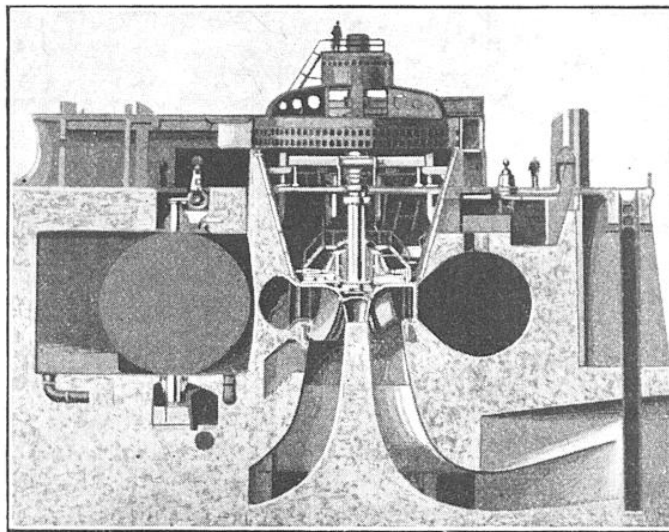


FIG. 3. — COUPE D'UN DES TURBOALTERNATEURS DE 40.000 KILOWATTS DE L'USINE DE CONOWINGO

plus de précision le niveau du lac. A l'aplomb de ces vannes et des dix-sept premières portes, c'est-à-dire de celles qui sont le plus souvent en fonctionnement, la pente du déversoir se redresse, à la base du barrage, jusqu'à former un angle de 12°5 avec l'horizontale, ce qui a pour effet de projeter vers l'aval l'eau qui tombe avec force le long de cette pente.

Des essais sur modèles ont montré que le point où les affouillements sont les plus grands, et qui est généralement voisin du pied du déversoir, se trouve ainsi déplacé à environ 50 mètres en aval du barrage, dont la solidité ne risque plus ainsi d'être compromise à la longue. On remarque immédiatement cette forme du déversoir sur la photographie de la page 000.

Les cinquante portes du déversoir, de même que les trois vannes de régulation, coulisent dans des rainures ménagées dans les

piliers. Pour empêcher la formation de glace dans ces rainures, en hiver, elles sont chauffées électriquement. De même, pour empêcher la formation d'une couche de glace trop épaisse contre les portes, des tuyaux, deux par porte du déversoir et trois par vanne de régulation, amènent de l'air comprimé sous la surface de l'eau. On admet, avec cette précaution, que la poussée de la glace à la surface de l'eau, évaluée à environ 60 kilo-

A la suite d'essais répétés, on a admis qu'on pouvait, en toute sécurité, manœuvrer une porte toutes les neuf minutes. Ceci présente un grand intérêt en cas de crue subite du fleuve, car il est alors nécessaire d'ouvrir les portes du déversoir le plus rapidement possible, pour éviter tout danger. Or, il a été démontré par expérience que la rapidité avec laquelle le niveau du lac s'élève n'a encore jamais exigé une vitesse d'ouverture

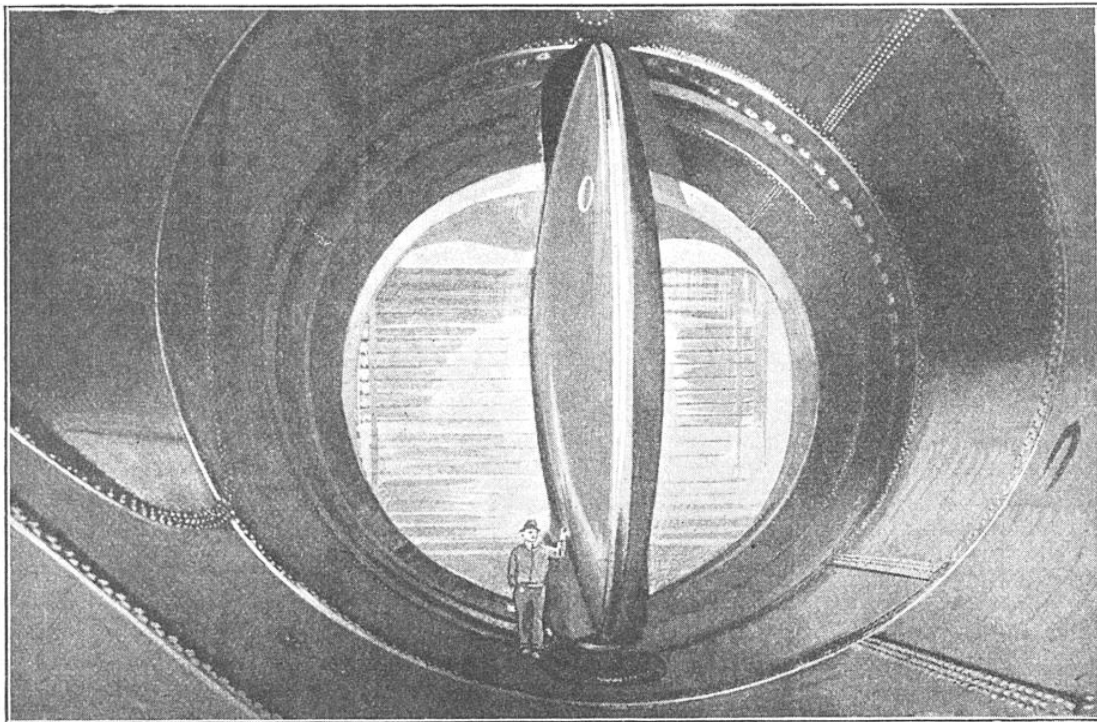


FIG. 4. — UNE DES SEPT VANNES PAPILLON DE 8 M 25 DE DIAMÈTRE, LES PLUS GRANDES CONSTRUITES JUSQU'À PRÉSENT

Cette vanne à axe vertical, placée à l'entrée de la chambre d'eau d'une turbine, est manœuvrée par l'intermédiaire d'un piston se déplaçant dans un cylindre de plus de 80 centimètres de diamètre, dans lequel on envoie de l'huile sous pression. L'ouverture ou la fermeture de la vanne demande environ cinq minutes.

grammes par centimètre de longueur, ne s'exerce plus sur les portes, mais uniquement sur les piliers en béton.

Pour la manœuvre des portes et des vannes, on dispose de trois grues à portique de 60 tonnes qui se déplacent tout le long du barrage. Une porte, soulevée au moyen de la grue, est ensuite attachée et verrouillée dans cette position aux piliers en béton, de sorte que la grue, redevenue disponible, peut se déplacer jusqu'à la porte suivante.

La vitesse de levage est de 30 mètres par minute et la vitesse de déplacement horizontal de la grue atteint 100 mètres par minute.

des portes supérieure à une toutes les trente minutes. La marge de sécurité est donc parfaitement acceptable.

Toutes portes ouvertes, et toutes les turbines fonctionnant à pleine charge, la quantité d'eau qui franchit le barrage peut être évaluée à 25.000 mètres cubes par seconde, en supposant le niveau du lac à son maximum normal, soit à la cote + 33. A titre de comparaison, nous rappellerons que le débit du fleuve, lors de la crue de 1889, était de 21.000 mètres cubes par seconde seulement. Tout danger d'inondation de la campagne environnante se trouve donc écarté.

Une centrale de 440.000 kilowatts

L'usine hydroélectrique fait, comme nous l'avons dit, partie intégrante du barrage. Elle a environ 210 mètres de long à l'heure actuelle, et en aura 290 lorsqu'elle aura été complètement terminée. Sa largeur, dans le sens du courant, est d'environ 54 mètres.

L'infrastructure de ce bâtiment en béton armé, supporte des efforts considérables. En effet, elle doit, d'une part, laisser passage

turbine, et aboutissant à une station centrale de pompage qui peut ainsi mettre à sec une partie quelconque de l'installation, s'il est besoin de la visiter ou de la réparer.

L'usine est équipée avec des turbines de 40.000 kW

Telle qu'elle est installée actuellement, l'usine est équipée avec sept turbines à axe vertical de 40.000 kilowatts chacune, tournant à 81,8 tours par minute, c'est-à-dire

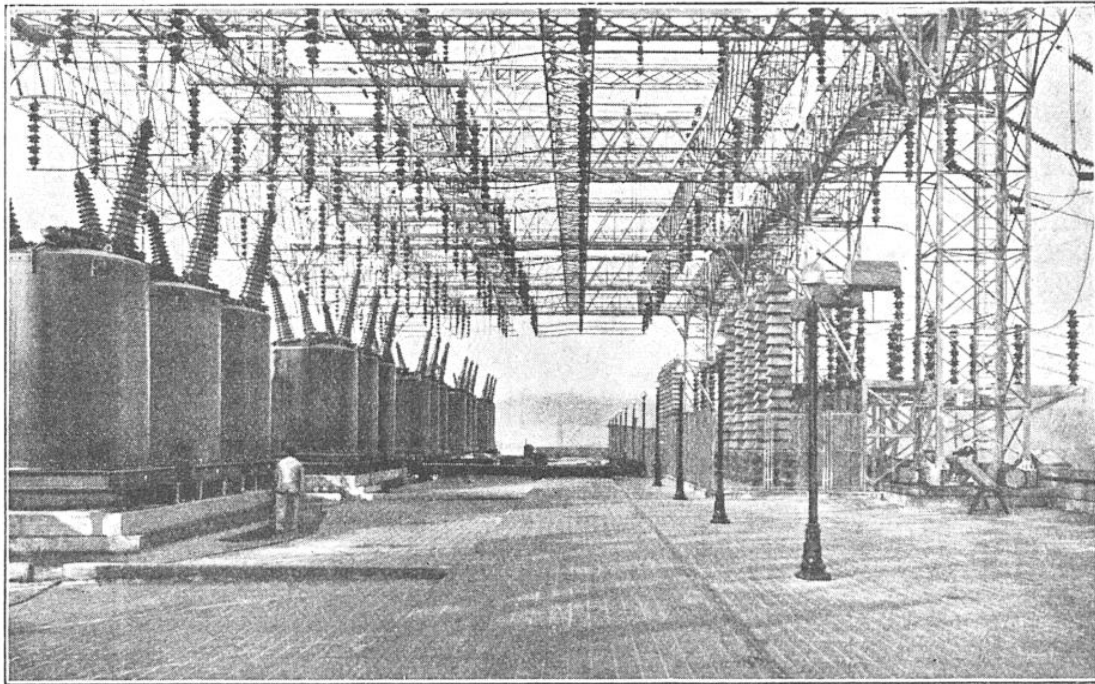


FIG. 5. — VUE GÉNÉRALE DE L'ÉQUIPEMENT A 220.000 VOLTS, DISPOSÉ SUR LE TOIT MÊME DE LA CENTRALE

à l'eau qui actionne les turbines, et, d'autre part, supporter à la fois la charge des turbines et des alternateurs et celle de l'installation électrique placée sur le toit de l'usine.

Un tunnel d'inspection court tout le long du bâtiment, donnant accès aux tubes de fuite de chaque turbine. A la partie inférieure de ce tunnel est creusée une tranchée, destinée à recueillir les eaux d'infiltration à travers les joints de la construction, qui sont ensuite épuisées à l'extrémité du barrage au moyen de deux petites pompes.

Sous ce tunnel est aménagé un grand collecteur d'assèchement de plus d'un mètre de diamètre, relié par des canalisations convenables au canal de fuite, à la chambre d'eau, avant et après la vanne maîtresse de chaque

lentement. Les agrandissements ultérieurs de l'usine porteront le nombre de ces turbines à onze.

Les prises d'eau de ces turbines consistent en deux ouvertures rectangulaires, ménagées près du fond du réservoir et placées derrière un mur en béton armé formant rideau, descendant jusqu'à 12 mètres au-dessous du niveau du lac et destiné à protéger les ouvertures des prises contre la glace. Ce mode de protection s'est révélé à l'usage extrêmement efficace et beaucoup plus économique que les autres systèmes installés en d'autres points du barrage.

Derrière ce mur se trouvent, comme à l'habitude, les grilles destinées à arrêter les impuretés en suspension dans l'eau, et cons-

truites par panneaux rectangulaires, qui coulissent dans des rainures ménagées dans la construction en béton. Les barreaux de ces grilles sont en acier à la partie inférieure et en bois à la partie supérieure, pour réduire l'adhérence de la glace et aussi par économie, celle-ci étant protégée par le rideau en béton armé.

Les deux ouvertures de la prise sont séparées par un mur, formant pilier de soutènement de la superstructure de l'usine, et se rejoignent avant d'aboutir à la vanne maîtresse de la turbine, qui est constituée par une porte circulaire à axe vertical, ou vanne papillon, de 8 m 25 de diamètre. Ces vannes sont les plus grandes qui aient été construites jusqu'ici, les vannes du même type installées à l'usine électrique des chutes du Niagara étant de dimensions inférieures. Ce genre de vannes a été préféré aux autres types généralement plus répandus, à cause de leur prix relativement moins élevé et, surtout, parce que leur installation et leur fonctionnement présentaient des avantages considérables.

En effet, la construction de portes rectangulaires, placées à l'entrée de la prise d'eau, était extrêmement délicate, étant donné la surface des ouvertures de la prise, 190 mètres carrés par turbine, et la difficulté d'éviter les fuites à la périphérie. Au contraire, une porte circulaire ou vanne papillon, placée juste avant la turbine, n'a plus besoin d'avoir de telles dimensions, la section de la conduite à cet endroit étant seulement de 55 mètres carrés au lieu de 190. Elles présentent le même avantage, en ce qui concerne l'étanchéité des joints.

De plus, au point de vue fonctionnement, les vannes papillon ont, dans les conditions où fonctionne l'usine, des avantages particuliers. Nous avons vu que, pendant une partie de l'année, l'usine ne travaille qu'aux heures de pointe et, le débit du fleuve étant alors très faible (période de basses eaux), il est indispensable d'économiser soigneusement l'eau du réservoir, c'est-à-dire de fermer le plus rapidement possible, lorsque la demande d'énergie cesse, les vannes papillons des turbines en fonctionnement ; il est non moins nécessaire, inversement, d'ouvrir rapidement les vannes, lorsque, au début d'une période de pointe, la demande croît rapidement. Les opérations de fermeture et d'ouverture durent environ cinq minutes, temps bien inférieur à celui que demanderait la manœuvre de portes rectangulaires de grandes dimensions.

L'étanchéité à la fermeture a été obtenue

d'une manière particulière, grâce à un tube de caoutchouc de 75 millimètres de diamètre, placé à la périphérie de la vanne, et où on envoie de l'air comprimé lorsque la vanne est fermée. Le même dispositif a été installé sur toutes les vannes et, quoiqu'elles ne proviennent pas toutes du même constructeur, celles-ci sont parfaitement interchangeables, ainsi que leurs pièces de rechange.

Les sept turbines de 40.000 kilowatts équipant la station ont été fournies par deux constructeurs différents qui se sont parfaitement entendus pour leur donner la même apparence extérieure et les mêmes dimensions générales, les tubes de fuite seuls étant légèrement différents.

Les turbines étant installées à un niveau inférieur à celui de l'eau du canal de fuite, il a été nécessaire de prévoir des portes auxiliaires pour assurer la fermeture du tube de fuite, lorsqu'il est nécessaire d'inspecter ou de réparer une des turbines. Ces portes, pesant chacune environ 20 tonnes, sont manœuvrées par des grues, de la même manière que les portes du déversoir.

Les arbres des turbines sont en acier forgé et ont environ 90 centimètres de diamètre.

Les alternateurs, tournant lentement ont 11 m 50 de diamètre

La superstructure de l'usine, elle aussi en béton armé, comprend la salle des alternateurs, de 200 mètres de long, 21 m 50 de large et 23 mètres de haut, représentée sur la couverture du présent numéro. Elle contient les sept alternateurs de 40.000 kilowatts produisant du courant triphasé à 13.800 volts. A chaque alternateur principal est adjoint, sur le même arbre, un alternateur auxiliaire de 700 kilowatts, 440 volts, avec son excitatrice en bout d'arbre fournissant le courant nécessaire aux divers moteurs qui entraînent les ventilateurs, les pompes à huile, la dynamo qui produit le courant d'excitation des alternateurs principaux, etc.

Ces alternateurs n'ont pas moins de 11 m 50 de diamètre et près de 10 mètres de haut, avec 88 pôles. Ils pèsent, avec leurs paliers, les alternateurs auxiliaires et l'excitatrice de ce dernier, plus de 500 tonnes. Il en existe, évidemment, de plus puissants, mais, étant donné la faible vitesse de rotation, 81,8 tours par minute seulement, on peut affirmer, qu'au point de vue mécanique, ce sont les plus grands alternateurs qui aient été construits jusqu'à ce jour.

Chaque constructeur de turbine a fourni l'alternateur correspondant, et, comme pour les turbines, a collaboré pour leur donner

les mêmes dimensions générales et le même aspect extérieur.

Il a été reconnu impossible de monter sur le même arbre l'alternateur et son excitatrice, étant donné la très faible vitesse de rotation. Il aurait fallu, pour cela, construire des excitatrices de très grandes dimensions, par conséquent très coûteuses, et, même en admettant qu'on ait pu les réaliser, elles auraient été extrêmement lentes à fonctionner. Or, il est essentiel pour la stabilité

volts sont logés dans un bâtiment à deux étages, qui fait suite immédiatement à l'usine et où sont également aménagés des compartiments pour les transformateurs élévateurs de tension. Ceux-ci sont, en temps normal, refroidis directement par l'eau du lac, qui s'écoule sous le simple effet de la différence de niveau. Des pompes ont naturellement été prévues, en cas de basses eaux, pour assurer un bon refroidissement.

Toute l'installation à très haute tension

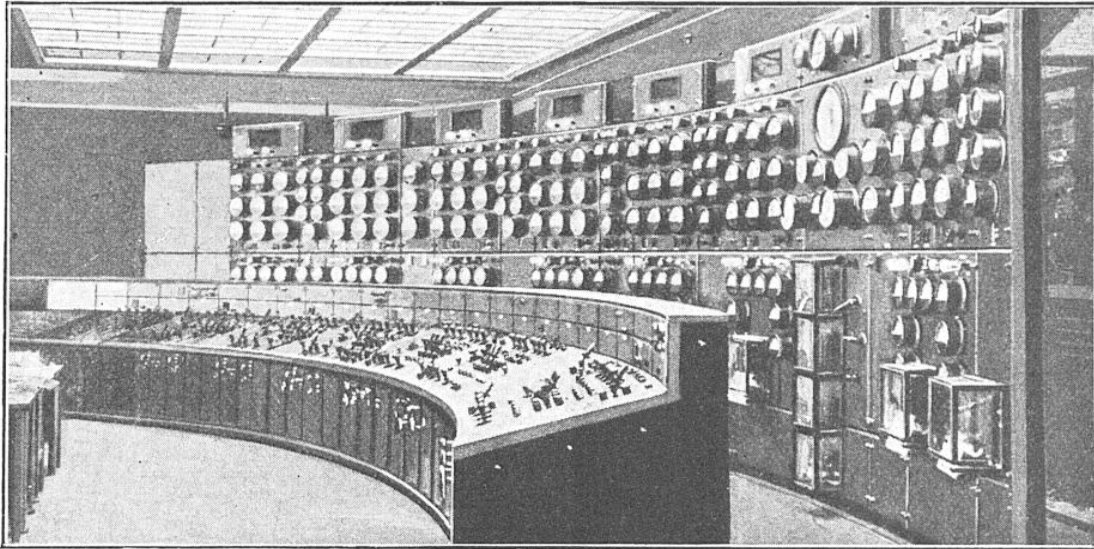


FIG. 6. — VUE GÉNÉRALE DE LA SALLE DE COMMANDE ET DE CONTRÔLE DE TOUT L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DE L'USINE DE CONOWINGO

Sur la table, au premier plan, sont disposés tous les appareils de commande de l'équipement à 13.800 et 220.000 volts. Le panneau arrière porte les appareils de contrôle correspondants : ampèremètres, voltmètres, etc. Au dos de ce panneau se trouvent les relais de protection. Enfin, sur le mur de la salle, sont répartis tous les appareils de commande et de contrôle de l'installation intérieure à 440 volts.

des opérations que l'excitation ait lieu à grande vitesse. A chaque unité correspond donc un groupe moteur-générateur, tournant à 1.200 tours, comprenant un moteur de 375 ch et une dynamo de 240 kilowatts fournissant le courant d'excitation sous 250 volts.

Les alternateurs sont connectés deux à deux en parallèle et alimentent quatre bancs de trois transformateurs, chacun de 80.000 kilowatts, élevant la tension de 13.800 à 220.000 volts. Cette disposition a été préférée au projet primitif d'installation d'un banc de transformateurs par alternateur, car elle présente l'avantage de réduire l'appareillage à 220.000 volts, qui est extrêmement coûteux.

Les barres et les interrupteurs à 13.800

est rassemblée sur le toit de l'usine elle-même. Les disjoncteurs à 220.000 volts, en particulier, sont disposés dans un certain nombre de compartiments étanches destinés à diminuer les risques d'incendie.

Les appareils de protection de l'usine et du poste de transformation sont les appareils classiques, tels que les différents relais à maximum de courant, à maximum de tension, etc. Faisons seulement remarquer que le neutre de l'installation à 220.000 volts est mis à la terre et que la protection phase-terre est distincte de la protection entre phases. Les alternateurs principaux, en particulier, sont protégés contre tout emballement, survolage, etc..., et, de plus, quinze couples thermoélectriques placés en différents endroits, indiquent à chaque instant

la température des enroulements ou des paliers.

Le courant électrique nécessaire au service intérieur de la station, éclairage, moteurs de levage, etc..., est fourni par deux alternateurs supplémentaires de 1.500 kilowatts, 440 volts. Un banc de transformateurs, élevant la tension à 2.300 volts, alimente le village voisin, qui est propriété de la compagnie d'électricité, et où sont logés tous les services et ateliers qui ont pu être éloignés du barrage, sans entraîner de frais supplémentaires. Tous les disjoncteurs du système auxiliaire à 240 volts sont des disjoncteurs à air.

La salle centrale de contrôle et de commande de toute l'installation est logée dans le bâtiment de l'usine et ses fenêtres donnent directement sur la salle des alternateurs. Là se trouvent rassemblés tous les appareils de contrôle et de commande pour l'usine entière, disposés sur trois panneaux semi-circulaires (fig. 6).

Sur le premier panneau se trouvent les appareils de commande et les lampes indicatrices des alternateurs principaux et auxiliaires, des disjoncteurs et des interrupteurs à 13.800 et à 220.000 volts. Le deuxième panneau supporte tous les appareils de mesure, ampèremètres, voltmètres, wattmètres, etc.; au dos de ce panneau se trouvent les différents relais de protection. Enfin, sur les murs de la salle, sont disposés tous les appareils de contrôle et de commande de la production et de la distribution à 440 volts du service intérieur.

L'énergie électrique est transportée à une tension de 220.000 volts

L'énergie électrique ainsi produite est transportée par trois lignes à 220.000 jusqu'à la sous-station de Plymouth Meeting, à environ 16 kilomètres de Philadelphie. La longueur de cette ligne de transport de force est d'environ 93 kilomètres. De Plymouth Meeting, une ligne à 66.000 volts alimente Philadelphie.

A l'heure actuelle, les lignes à 220.000 volts ne sont plus une nouveauté, aussi n'insisterons-nous pas sur ce point. Disons seulement que les poteaux en acier ont environ 24 mètres de haut et qu'ils sont espacés d'environ 335 mètres les uns des autres.

C'est également à Plymouth Meeting que

l'usine de Conowingo est connectée au réseau de distribution à 220.000 volts des compagnies voisines. Le but de ces interconnexions étant essentiellement de réaliser des économies importantes, il est nécessaire d'établir minutieusement et à l'avance dans quelles conditions et dans quelles proportions les différentes usines du réseau doivent répondre à la demande d'énergie du moment. Le plan de répartition de la charge une fois fait, un ingénieur par compagnie est chargé de son application, c'est le « dispatcher ». Celui de la compagnie d'électricité de Philadelphie est installé à Philadelphie même et est relié directement par téléphone à toutes les parties du système. Il a à sa disposition un tableau général des principaux appareils et des connexions. De plus, divers appareils indicateurs le renseignent automatiquement sur l'état des différentes lignes, sans qu'il lui soit nécessaire de recevoir des rapports verbaux. C'est le « dispatcher » qui répartit la charge, suivant la nature de la demande, entre les usines thermiques et les usines hydrauliques de sa compagnie, après entente, avec les dispatchers des autres compagnies, de manière à réaliser le maximum d'économies, compte tenu du mode de production thermique ou hydraulique des usines des autres compagnies.

L'usine de Conowingo, telle qu'elle est installée actuellement, avec ses sept unités de 40.000 kilowatts, est, par ordre de grandeur, la deuxième des Etats-Unis. Lorsque les onze unités prévues auront été mises en place, ce sera alors la première.

Pour donner une idée de l'importance de cet ouvrage d'art, nous ne citerons qu'un chiffre, celui du volume de béton coulé pour l'ensemble du barrage, qui atteint 435.000 mètres cubes. Ajoutons que les travaux commencèrent le 8 mars 1926 et que le dernier alternateur fut mis en charge le 16 juin 1928, et l'on voit que cette construction formidable a été complètement terminée en un peu plus de deux ans. Ce résultat remarquable ne peut que nous inciter à étudier de plus près les méthodes de construction et surtout les méthodes de travail américaines, car si, au point de vue technique, il nous reste peu de choses à apprendre, il est hors de doute que nous pouvons grandement perfectionner encore l'organisation du travail.

JEAN BODET.

UNE VOITURE-LABORATOIRE VÉRIFIE PÉRIODIQUEMENT L'ÉTAT DES VOIES DE CHEMINS DE FER

Par Jean CAËL

L'intense circulation des trains oblige les compagnies de chemin de fer à effectuer régulièrement un contrôle sévère des voies de chemins de fer. La Compagnie des Chemins de fer de l'Est vient, dans ce but, de mettre en service une voiture spéciale qui parcourt périodiquement l'ensemble du réseau. Cette voiture a reçu des appareils enregistreurs Hallade, convenablement modifiés, qui permettent de comparer, par deux enregistrements successifs, l'état d'une même voie. Nos lecteurs trouveront dans cet article des renseignements intéressants sur les procédés d'investigation que permet la nouvelle voiture.

Les voies de chemins de fer

ON sait que les voies de chemins de fer suivent toujours des tracés aussi rectilignes que possible, nécessitant

la construction de nombreux travaux d'art : viaducs, remblais, déblais, tunnels, qui n'assurent, cependant, ni une direction en ligne droite ni un profil en palier.

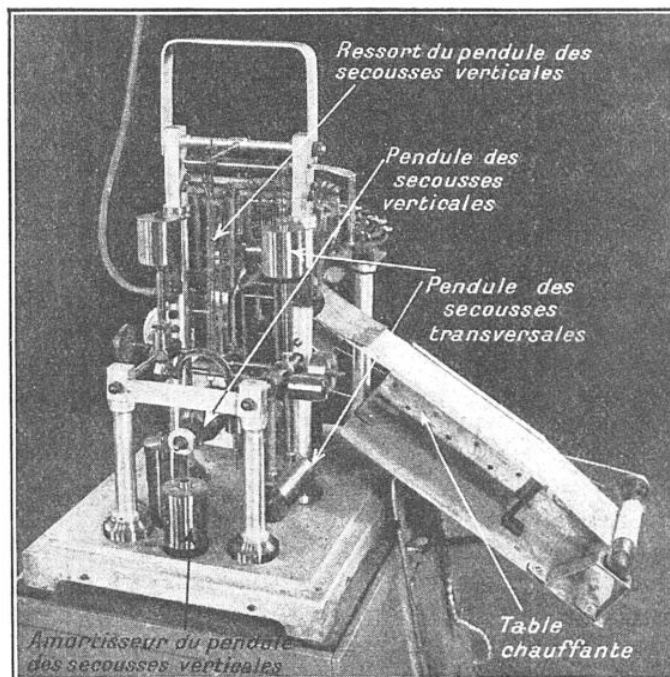
Les courbes ont, en général, assez nombreuses, surtout dans les régions montagneuses; mais on leur donne toujours un rayon suffisant pour éviter le rejet des trains hors de la voie, par la force centrifuge, lorsqu'ils parcourent ces courbes à grande vitesse, et à la condition de prendre certaines précautions. C'est ainsi que le rail extérieur est toujours surélevé par rapport au rail intérieur, et que le raccordement avec la voie rectiligne s'effectue par

l'intermédiaire d'une portion parabolique, l'origine du relèvement intéressant généralement une certaine longueur de la voie rectiligne, ensuite la partie parabolique avant d'atteindre la courbe.

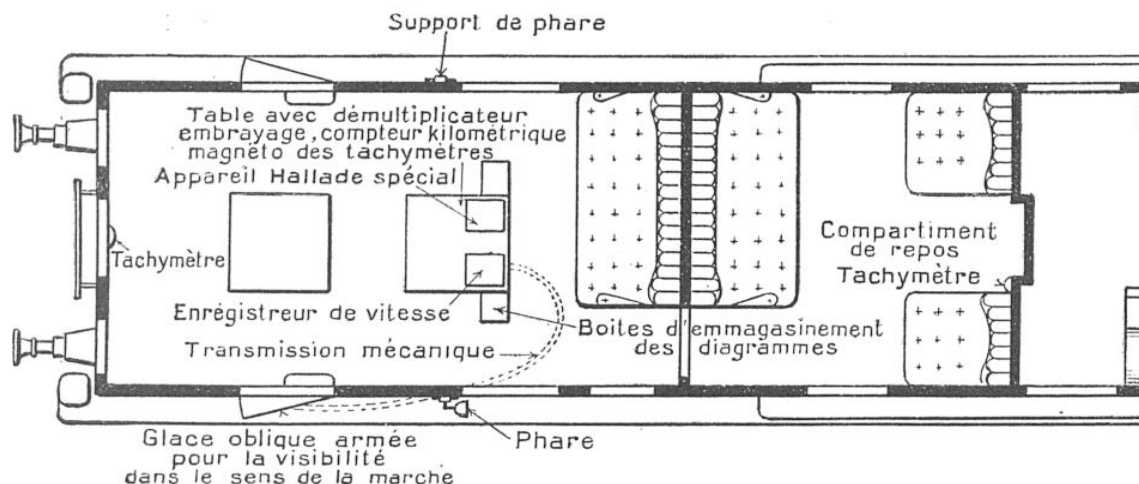
La voie est constituée par des longueurs de rails reposant sur des traverses et raccordées bout à bout, mais en laissant, entre les extrémités de deux rails successifs, un intervalle destiné à parer aux effets de la dilatation. Ces extrémités sont maintenues en face l'une de l'autre par des pièces métalliques appelées éclisses. Ce sont là des joints qui constituent la partie faible de la voie. Il suffit, en effet, que les extrémités de deux rails suc-

cessifs ne se trouvent pas maintenus à un même niveau pour que des chocs désagréables se produisent à chaque passage de roue.

Les traverses, le plus généralement en bois



L'APPAREIL HALLADE QUI ÉQUIPE LA VOITURE DE
CONTROLE DES VOIES FERRÉES



LA VOITURE DE CONTRÔLE DES VOIES FERRÉES ÉQUIPÉE

de chêne ou de hêtre, assurent la stabilité de la ligne sur le ballast fait de matériaux durs (cailloux, pierres cassées, laitiers, etc.) reposant sur la plate forme de la voie. Si le bourrage de certaines traverses n'est pas suffisant ou si le ballast devient boueux, les traverses peuvent s'affaisser légèrement sous le passage des trains et produire des dénivellations de la voie.

Quant aux roues, les boudins dont elles sont pourvues, les empêchent de dévier à l'intérieur ou à l'extérieur.

Enfin, une voie de chemin de fer ne reste pas identique à elle-même sur toute la longueur de son parcours. Aux approches des gares, se trouvent des aiguilles, parties mobiles de voie, qui pivotent autour de leurs talons pour permettre d'envoyer un train d'une voie principale sur une voie de garage ou vice versa. En ces endroits, le rail est encore coupé. Ces coupures de voie, les dénivellations accidentelles ou réglementaires, l'usure des roues, imposent aux voitures d'un train, particulièrement d'un train rapide, des chocs, voire même un certain roulis, dont les voyageurs ressentent plus ou moins les effets, effets d'autant plus

désagréables que la voie est déjà ancienne. Les compagnies de chemins de fer ont soin, d'ailleurs, de faire visiter en permanence toutes les voies du réseau par des équipes spéciales qui les parcourent à pied. Ce procédé, purement visuel, et souvent insuffisant, a été complété par des appareils de contrôle

tels que celui inventé par M. Hallade, ingénieur principal de la Compagnie de l'Est, et qui a reçu depuis de nombreuses et heureuses améliorations.



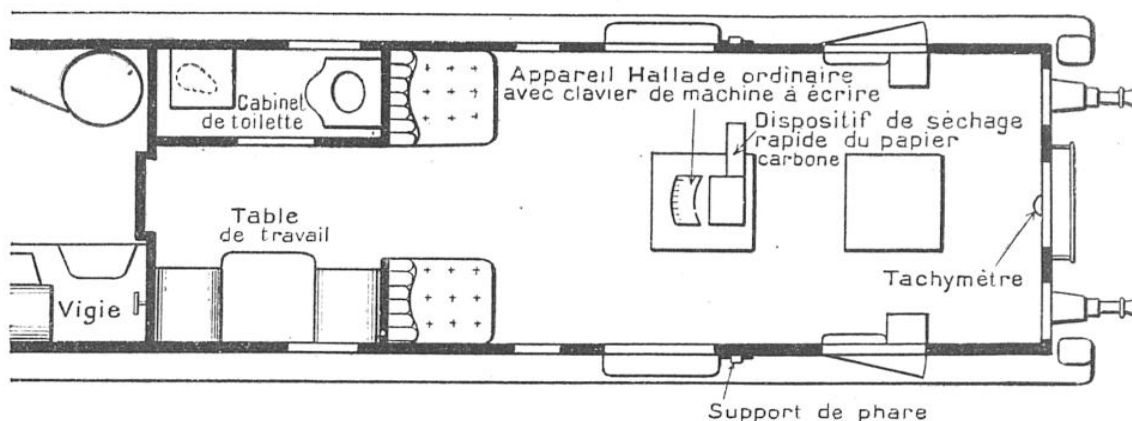
VUE ARRIÈRE DE LA VOITURE

La voiture de contrôle

La plus importante de ces améliorations réside moins dans l'appareil lui-même que dans la manière de l'utiliser. Jusqu'ici, il était installé dans une voiture quelconque, tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre, et les tracés qu'il fournissait n'étaient pas comparatifs, car ils

dépendent de l'état de la suspension des différentes voitures.

Afin de supprimer ce grave inconvénient, la Compagnie des Chemins de fer de l'Est a affecté une voiture spéciale aux appareils de contrôle, voiture toujours placée à l'arrière des trains. Elle effectue toutes les tournées nécessaires à la vérification des voies



AVEC DEUX APPAREILS HALLADE (COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'EST)

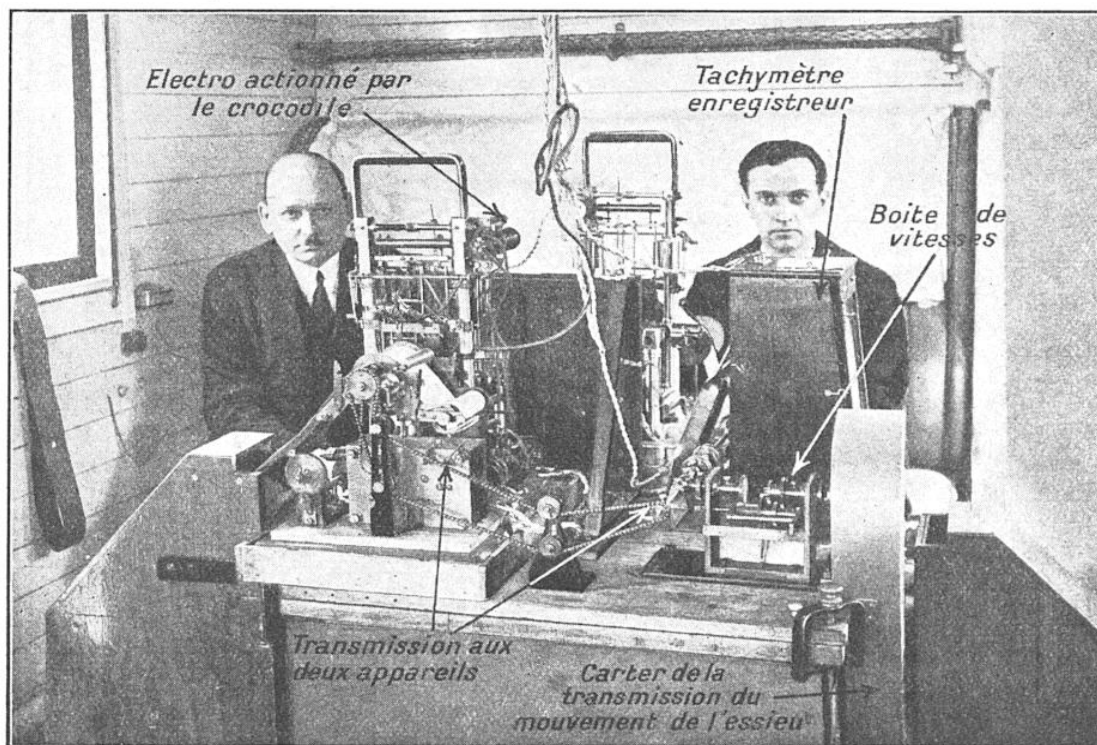
et, en particulier, deux voyages par an sur la plupart des lignes du réseau : un au printemps, avant les réparations de voies, et un à l'automne lorsque ces réparations sont effectuées. On compare les deux tracés « avant » et « après », et on peut se rendre compte de l'influence que les travaux ont eue sur l'état des voies.

La voiture de contrôle avec appareils Hallade constitue d'ailleurs un véritable

laboratoire ambulant, servi par un certain nombre d'ingénieurs et d'agents de contrôle, et équipé avec plusieurs appareils dont certains sont devenus des organismes extrêmement compliqués.

L'appareil Hallade

Il peut être défini : un groupement de pendules composés, actionnant chacun un style qui se déplace sur une large bande de papier.



APPAREILS HALLADE A DÉROULEMENT COMMANDÉ PAR L'ESSIEU

La construction en est compliquée et la technique, ardue. Aussi, nous contenterons-nous d'en donner des photographies qui suffisent pour se rendre compte de son allure générale.

Signalons, cependant, qu'en dehors des styles, une machine à écrire permet diverses inscriptions sur la bande de papier. Celle-ci est recouverte d'une bande de papier carbone qui se décalque sur le papier blanc, sous la pression des styles. L'impression, ainsi obtenue, s'estompe très facilement et bien des tracés devenaient illisibles au cours des manipulations ultérieures, avant que fût trouvée la solution élégante représentée par une sorte de fer à repasser électrique, sur lequel passe la bande impressionnée avant son enroulement. Le courant chauffe la platine qui fixe les tracés dont on peut tirer ensuite, au laboratoire de la Compagnie, autant d'épreuves qu'on le désire.

Les tracés graphiques

La ligne droite supérieure s'inscrit à la commande pneumatique d'un agent placé devant une fenêtre de la voiture, et surveillant la voie. Dès qu'il aperçoit une borne kilométrique, par exemple, il appuie deux fois sur la poire de caoutchouc qu'il tient en main et deux petits traits verticaux s'impriment sur le papier. En même temps, il annonce à haute voix : « Kilomètre 20 », par exemple. L'agent assis devant le clavier de la machine à écrire, frappe aussitôt la lettre K et le nombre 20, qui apparaissent sur le bord opposé de la même bande de papier. Tous les autres repères de la voie sont inscrits de la même manière, d'abord par un trait vertical unique (le double trait est réservé aux indications de distance), ensuite à la machine à écrire : PI (passage inférieur), PS (passage supérieur), PN (passage à niveau), BV (bâtiment de voyageurs), etc...

La vitesse du train étant visible constamment sur un tachymètre placé au-dessous de la fenêtre arrière de la voiture, l'agent de la machine à écrire l'inscrit également aussitôt après l'indication kilométrique, toujours sous une forme abrégée : V 110, par

exemple. Le tracé porte donc, à chaque instant, la vitesse du train et tous les repères de la voie.

La ligne sinueuse, qui vient immédiatement au-dessous de la première, est celle des accélérations du mouvement du train. Ces accélérations, dites positives pendant les démarrages et négatives pendant les freinages, sont mises en évidence par la position moyenne de la ligne. Lorsque, dans une courbe, la force centrifuge et celle créée par le surhaussement ne se font pas équilibre, la ligne moyenne du tracé s'infléchit vers le haut ou vers le bas, suivant qu'il y a prépondérance de l'une ou de l'autre force.

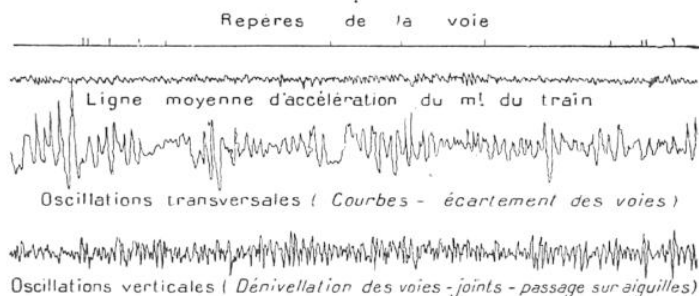
Les deux autres tracés sont les plus importants, parce qu'ils donnent l'état de la voie transversalement et verticalement. C'est par l'examen comparatif de deux tracés pris à six mois d'intervalle, que l'on se rend compte de l'accentuation d'un défaut et de la qualité d'une réparation.

La ligne médiane du premier de ces tracés figure l'axe de la voie ; les tracés denticulaires plus ou moins accentués, plus ou moins aigus, indiquent les défauts d'une courbe (variation brusque du rayon, par exemple) ou les déformations en plan de la voie (cas d'un rail forcé).

Les secousses verticales sont enregistrées par le troisième style : dans ce cas, le tracé de la ligne moyenne est toujours invariable, ce qui se conçoit aisément puisque tous les incidents se produisent en hauteur. Les denticules indiquent les secousses verticales provenant de traverses débouffées (décalées), de joints en mauvais état ou de plates-formes défectueuses.

Les voyages de contrôle

L'essai d'une voie s'effectue au cours d'un unique trajet. Le plus long, sur la ligne de l'Est, est celui de Paris à Belfort (cinq heures et demie). A chaque station d'arrêt du train montent des agents du service local chargés des observations relatives aux repères de la voie qu'ils connaissent parfaitement.



PI K22 PI VII5 BV K2I VII0 PI K20PI
FRAGMENT DE BANDE DE PAPIER ENREGISTRÉE A L'AP-
PAREIL HALLADE

Cette précaution a son importance, car il est très difficile à un agent non prévenu de signaler tous les repères, au moment précis où ils apparaissent, lorsque le train marche à plus de 100 kilomètres à l'heure. Ces agents sont munis des graphiques antérieurs qu'ils comparent immédiatement avec celui qui se déroule sous leurs yeux, afin de surveiller la voie et d'indiquer aussitôt si des réparations immédiates s'imposent.

Au cours d'une des deux tournées générales annuelles de contrôle sur le réseau, tournée qui dure une quinzaine de jours, l'appareil Hallade déroule environ 700 à 800 mètres de bande sur calque. Il est tiré ensuite trois exemplaires de chaque calque qui sont distribués aux services intéressés.

L'appareil que représente l'une de nos photographies est spécial pour les essais de changement de voie. Ici, la vitesse de déroulement de la bande est proportionnelle à l'espace parcouru par le train et commandée par un essieu avec appareil de transmission. Un tachymètre enregistreur est également commandé par l'essieu à la même vitesse de déroulement que la bande de l'appareil Hallade. Dans l'appareil ordinaire, au contraire, commandé par un mouvement d'horlogerie, la vitesse de déroulement est proportionnelle au temps.

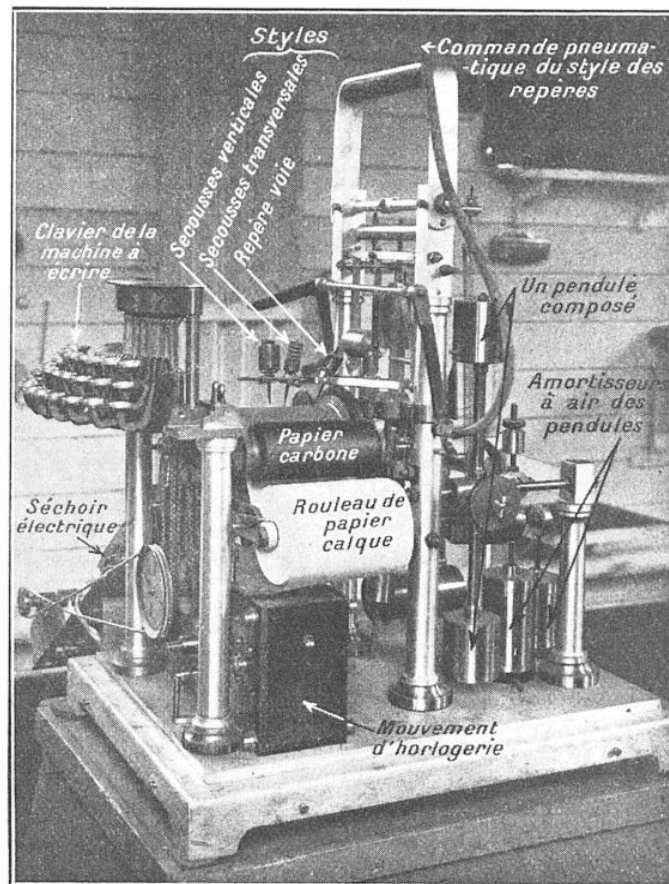
Pour les essais de changement de voie et,

en particulier, pour la bifurcation, la voiture de contrôle est accrochée derrière une locomotive, qui passe sur la bifurcation à examiner à des vitesses de plus en plus grandes, les points de départ et d'arrivée de ce train spécial étant judicieusement choisis pour permettre d'atteindre les vitesses nécessaires au passage de la bifurcation à étudier et l'arrêt du train après ce passage. La bifurcation est franchie d'abord à une vitesse de 30 kilomètres à l'heure, par exemple, puis de 40 kilomètres, puis de 50 kilomètres. Si, d'après les graphiques, on s'aperçoit qu'il peut être dangereux d'aborder la bifurcation à 60 kilomètres, on passe à 55, puis à 60, si on le juge nécessaire. On se rend compte ainsi, à l'examen de chaque tracé, dans quel état se trouve la bifurcation à la suite des vitesses respectives de passage du train spécial.

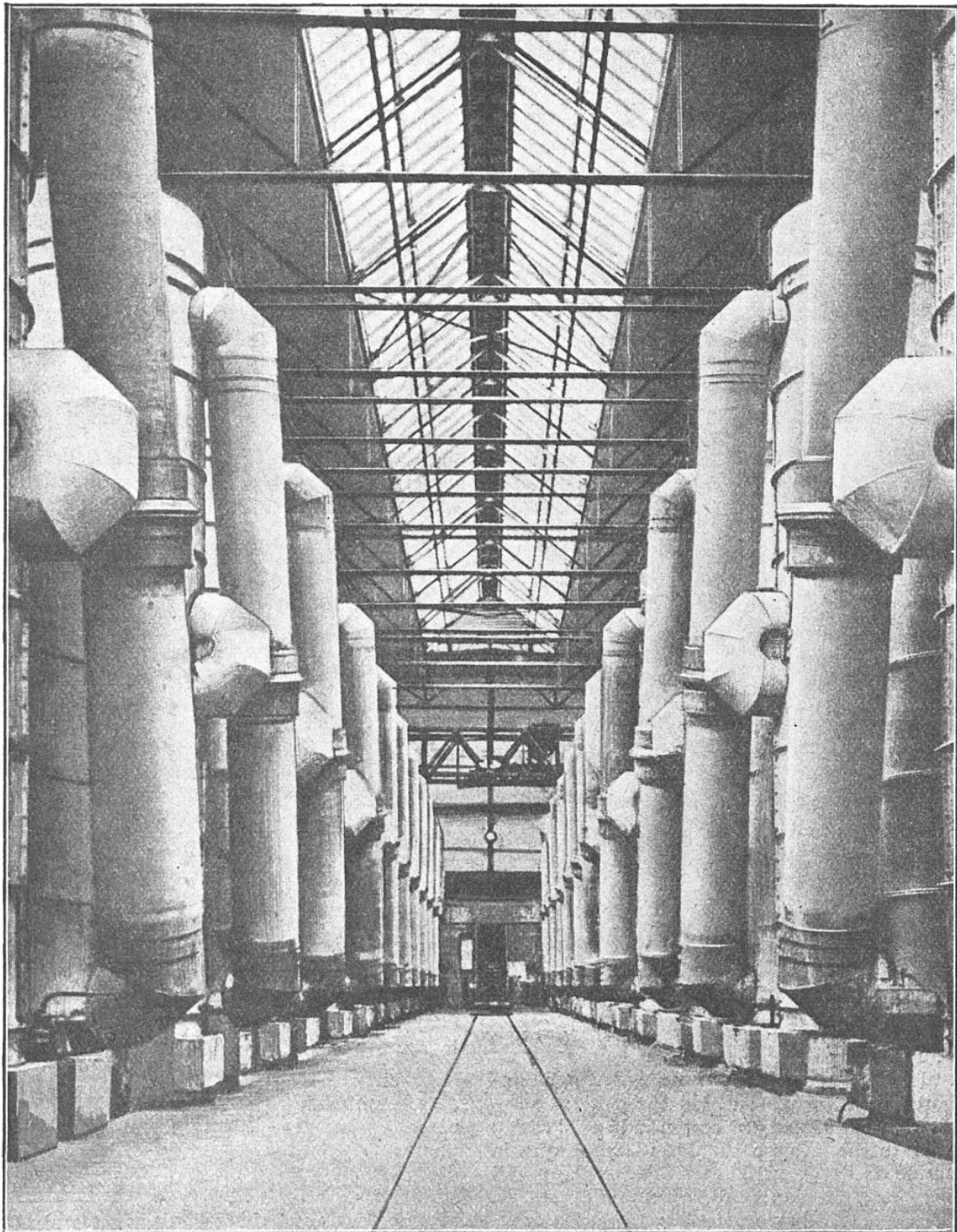
L'examen des voies de chemins de fer a ainsi donné naissance, non seulement à des

appareils d'une conception très savante, mais même à un service spécial que les compagnies de chemins de fer ont jugé indispensable. C'est que, de l'état des voies dépend, en effet, le confort et la sécurité des voyageurs. La prudence exige donc un contrôle assidu et rigoureux qui ne peut être assuré que par des organes créés spécialement pour lui.

JEAN CAËL.



APPAREIL HALLADE AVEC MACHINE A ÉCRIRE



VUE DU HALL CONTENANT LES APPAREILS DE FABRICATION DE L'HYDROGÈNE PAR LE PROCÉDÉ DE CONTACT AUX USINES DE LA SOCIÉTÉ LEUNA A MERSEBOURG (ALLEMAGNE)

L'oxyde de carbone contenu dans le gaz à l'eau, préparé par passage d'un courant d'eau sur du coke porté au rouge, réagit sur de la vapeur surchauffée à 500 degrés, en présence d'une masse de contact. L'oxygène de l'eau se combine avec l'oxyde de carbone en donnant du gaz carbonique et de l'hydrogène.

L'INDUSTRIE MODERNE CONSOMME ANNUELLEMENT PLUS DE 100.000 TONNES D'HYDROGÈNE

Par René DUBRISAY

PROFESSEUR DE CHIMIE GÉNÉRALE AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS DE PARIS
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DES MANUFACTURES DE L'ÉTAT

Parmi les synthèses réalisées par l'industrie chimique, celle de l'ammoniacque a eu sans conteste les répercussions économiques les plus considérables. Elle a permis, en effet, de créer, au laboratoire d'abord, dans l'industrie ensuite, les composés azotés nécessaires à la fabrication des engrais et, pendant la guerre, des explosifs. Or, on sait que le gaz ammoniac est un composé d'hydrogène et d'azote, dans lequel la valeur de l'hydrogène représente à peu près la moitié du prix de revient de l'ammoniacque synthétique. Si l'on songe que l'Allemagne seule fabrique, chaque année, 80.000 tonnes d'hydrogène, on conçoit de suite l'importance que peut prendre toute économie réalisée dans cette fabrication. Parmi les corps naturels contenant de l'hydrogène, c'est l'eau qui sert de matière première à cette industrie, qu'on la décompose par le courant électrique, procédé coûteux, ou dans des réactions chimiques, avec l'aide de catalyseurs (1). Nos lecteurs trouveront ici un clair exposé des méthodes les plus modernes employées dans cette industrie.

Il semble que l'hydrogène ait été entrevu, dès le ^{xvi}^e siècle, par Paracelse : en tout cas, Cavendish l'isola en 1766, l'appela *air inflammable*, en étudia les principales propriétés, et montra que sa combustion donnait naissance à de l'eau. A la même époque, Lavoisier le préparait par action de la vapeur d'eau sur le fer chauffé au rouge : par la suite, on reconnaissait que ce gaz prend naissance dans l'action des acides sur les métaux, et on instituait la méthode de préparation que nous avons tous appliquée dans nos manipulations scolaires.

Cette expérience fut bien souvent répétée dans les laboratoires ; un grand nombre de chimistes, en particulier Jean-Baptiste Dumas, étudièrent les procédés permettant d'obtenir, à un grand état de pureté, l'hydrogène nécessaire à leurs recherches. Mais tout ceci ne présentait, pendant longtemps, qu'un intérêt purement théorique, les applications du gaz hydrogène étant des plus limitées. Dans le traité de *Chimie Minérale*, de Moissan (publié en 1904),

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 112, page 298.

il est fait mention seulement de son emploi pour gonfler les aérostats ou pour alimenter les chalumeaux oxhydriques, permettant de réaliser la soudure autogène des métaux. Ce

dernier usage a perdu beaucoup de son intérêt, en raison de la généralisation des chalumeaux à l'acétylène ; mais, depuis quelques années, les choses se sont transformées à tel point que la production économique de l'hydrogène apparaît comme un des problèmes essentiels de la technique contemporaine.

L'hydrogène est à la base de l'industrie de synthèse des composés azotés

Il est inutile d'insister ici sur l'importance de la fabrication synthétique des composés azotés : ces composés sont, en pratique, obtenus à partir de l'ammoniac, préparé lui-même par l'union directe de l'hydrogène et de l'azote.

Tous les auteurs qui ont étudié la question, s'accordent à reconnaître que la valeur de l'hydrogène représente environ la moitié du prix de revient de l'ammoniac synthétique. Les seules usines allemandes



RENÉ DUBRISAY

Directeur de l'Ecole des Manufactures de l'Etat.

préparent, chaque année, une quantité de composés azotés correspondant à 400.000 tonnes d'azote, ce qui, en tenant compte de la composition de l'ammoniac, correspond à plus de 80.000 tonnes d'hydrogène. Dans un autre ordre d'idées, on a réussi à industrialiser les découvertes de Marcelin Berthelot et de Paul Sabatier, relatives à l'hydrogénation des molécules organiques : on obtient ainsi des composés nouveaux, dont un certain nombre présentent un grand intérêt pratique. En particulier, l'hydrogénation catalytique (1) des huiles permet de préparer des graisses solides, dont la valeur commerciale est plus grande, parfois aussi de réaliser une désodorisation des matières premières, rendant possible, par exemple, l'utilisation en savonnerie des huiles de poisson. Mais, surtout, les combustibles solides sont susceptibles, par fixation d'hydrogène, de se transformer en liquides combustibles ou, comme on dit, en carburants. Cette transformation a été réalisée pour la première fois au laboratoire, par Marcelin Berthelot; elle est, maintenant, entrée dans le domaine des réalisations industrielles et permet, spécialement en Allemagne, la préparation de ce que l'on a nommé le pétrole synthétique.

L'hydrogène dans la nature

Pour tout cela, il faut de l'hydrogène à bon marché, et ce gaz n'existe pas dans la nature à l'état de liberté. Sans doute, on en a trouvé des traces (0,002 % environ) dans l'atmosphère. Certains auteurs admettent que, dans les couches lointaines, il en existe beaucoup plus : à 120 kilomètres au-dessus du niveau de la mer, l'atmosphère terrestre serait formée d'hydrogène à peu près pur. Peut-être un jour pourrions-nous aller le prélever à ces hautes altitudes (2) et l'amener jusqu'à nous par d'immenses pipe-lines, mais nous n'en sommes pas encore là et, pendant longtemps, la seule ressource consis-

(1) On trouvera l'essentiel sur la « catalyse » dans l'article de M. Marcel Boll, *La Science et la Vie*, n° 112, pages 298-303.

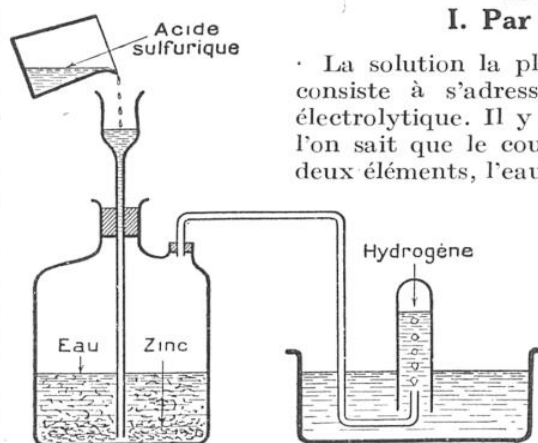
(2) Où sa pression est d'ailleurs infime.

tera à l'extraire de l'eau, qui en contient 1/9 de son poids. Or, l'eau liquide recouvre les 4/5 de la surface de la terre ; il en existe, dans les régions polaires comme sur les hautes montagnes, de grandes masses à l'état solide ; enfin, l'atmosphère contient des quantités énormes de vapeur d'eau. La matière première ne risque donc pas de manquer, il faut seulement trouver moyen d'en libérer l'hydrogène avec une dépense d'énergie aussi minime que possible.

Comment on extrait l'hydrogène de l'eau :

I. Par électrolyse

La solution la plus simple en apparence consiste à s'adresser à la décomposition électrolytique. Il y a plus de cent ans que l'on sait que le courant décompose, en ses deux éléments, l'eau rendue conductrice par



COMMENT ON PRÉPARE L'HYDROGÈNE DANS LES LABORATOIRES

On verse de l'acide sulfurique dans un flacon contenant de l'eau et des copeaux de zinc. L'hydrogène qui se dégage est recueilli commodément dans une éprouvette sur la cuve à eau.

dissolution de bases ou d'acides : en pratique, on opère avec une solution de soude ou de carbonate de sodium, qui permet l'emploi des électrodes en fer. C'est ainsi que, depuis longtemps, on obtient l'oxygène utilisé pour gonfler les aérostats. Mais ce procédé suppose une dépense approximative de 6 kilowatts par mètre cube d'hydrogène produit et, dans les conditions actuelles,

cette dépense est nettement prohibitive, lorsqu'il s'agit d'hydrogène destiné à la fabrication de l'ammoniac ou des huiles. Il est vrai que l'oxygène et l'hydrogène sont des sous-produits de la fabrication de la soude et du chlore, obtenus par électrolyse du chlorure de sodium dissous dans l'eau : on ne peut, en effet, dans cette opération, éviter entièrement la décomposition du solvant, c'est-à-dire de l'eau. Pendant longtemps, l'hydrogène et l'oxygène ainsi produits ont été perdus. Aujourd'hui, on les récupère, mais en quantités nettement insuffisantes pour répondre aux besoins de la fabrication d'ammoniac synthétique.

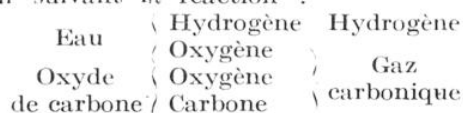
II. Par des réactions chimiques et l'emploi de catalyseurs

On se trouve ainsi conduit à préparer l'hydrogène par voie chimique, c'est-à-dire à décomposer l'eau par des corps suscep-

tibles de fixer l'oxygène en mettant l'hydrogène en liberté.

On peut, tout d'abord, reprendre l'expérience de Lavoisier, et y employer le fer au rouge ; mais ce procédé n'est économique que si l'on régénère le fer de son oxyde, en le réduisant par l'oxyde de carbone, c'est-à-dire en consommant du charbon. Mieux vaut alors utiliser les procédés directs qui seront décrits plus loin. Au lieu de fer, on peut, pour décomposer l'eau, faire appel au silicium, au phosphore ou à l'hydrure de calcium (hydrolithe). Mais aucun de ces procédés n'est actuellement acceptable, tout au moins pour préparer les tonnages importants. En fait, à l'heure présente, on est toujours conduit à extraire l'hydrogène soit du gaz à l'eau, soit du gaz des fours à coke.

Le gaz à l'eau est préparé par passage d'un courant de vapeur d'eau sur du coke préalablement porté au rouge. On obtient ainsi un mélange d'hydrogène, d'azote et d'oxyde de carbone. Si l'on fait réagir ce mélange sur de la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone est oxydé à son tour suivant la réaction :

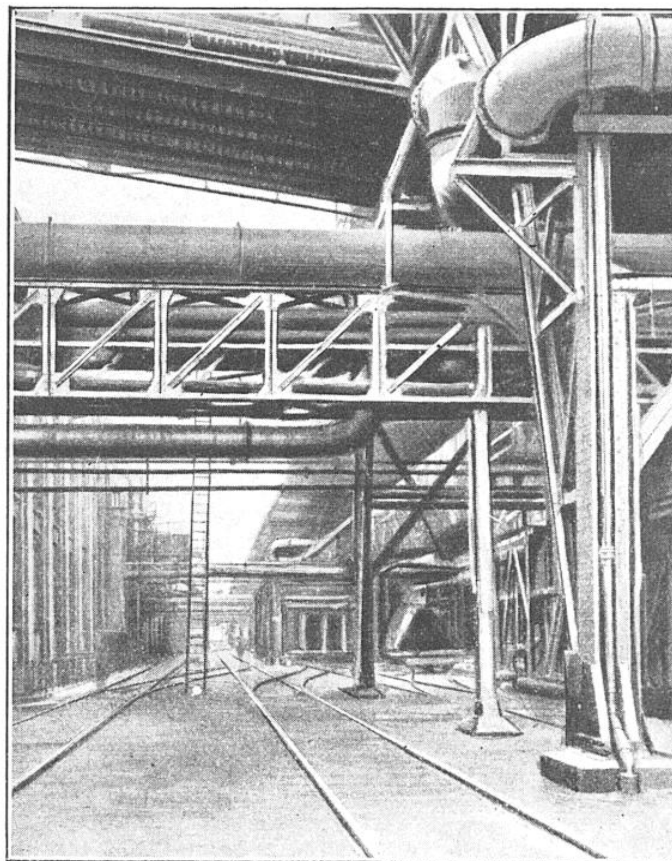


Cette réaction est réversible et dégage de la chaleur : la loi de Le Chatelier nous ap-

prend alors que, pour avoir un bon rendement en hydrogène, il est nécessaire d'opérer à température aussi *basse* que possible. Mais, ici, on se heurte à une difficulté que l'on rencontre fréquemment dans des cas analogues : aux basses températures, l'oxyde de carbone ne réagit pas sur la vapeur d'eau.

Le chimiste allemand Mit-tasch a résolu la question grâce à l'emploi d'un catalyseur, qui permet d'opérer entre 400° et 500°, et d'obtenir un gaz contenant 30 % de gaz carbonique, 15 % d'azote, 54 % d'hydrogène et de 1 à 2 % d'oxyde de carbone. Pour la préparation synthétique de l'ammoniac, il est indispensable d'éliminer complètement le gaz carbonique et surtout l'oxyde de carbone, qui empoisonnerait rapidement les catalyseurs (nécessaires à la combinaison, dans un temps suffisamment court, de l'hydrogène et de l'azote). Le gaz carbonique est retenu par dis-

solution dans l'eau sous pression ; l'oxyde de carbone est fixé par une solution ammoniacale de formiate de cuivre. Ce procédé est mis en pratique en particulier à l'usine d'Oppau ; le problème chimique ayant été résolu, des difficultés d'ordre technique se sont présentées lorsqu'il a fallu construire les appareils qui permettent de préparer et de manutentionner les quantités considérables de gaz nécessaires à la fabrication quotidienne de l'ammoniac : les clichés repro-



CETTE PHOTOGRAPHIE PARTIELLE DE L'USINE A AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE D'OPPAU DE L'I. G. FARBEN-INDUSTRIE MONTRE LE GRAND DIAMÈTRE DES CANALISATIONS OU CIRCULENT CHAQUE JOUR DES MILLIONS DE MÈTRES CUBES DE GAZ PARMI LESQUELS L'HYDROGÈNE PRÉPARÉ EN UN AUTRE POINT DE L'USINE

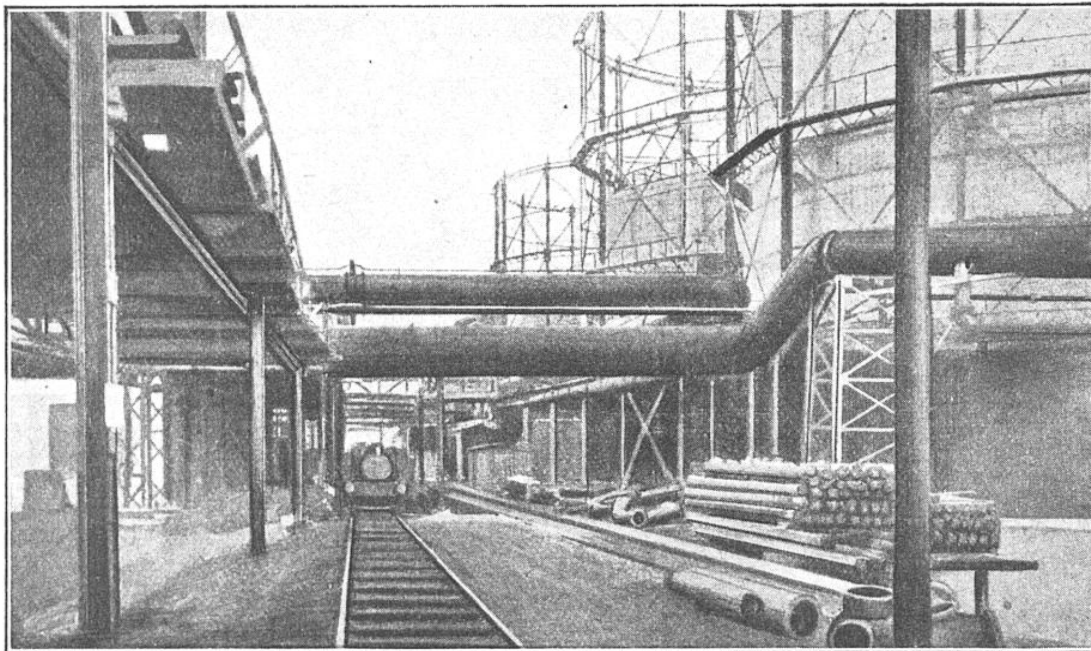
duits pages 230 et 233 donnent idée du caractère gigantesque de ces installations. Ajoutons que c'est par un procédé analogue que l'hydrogène est préparé en France aux usines de Toulouse.

On extrait aussi l'hydrogène des gaz des fours à coke

On a pu également réussir à extraire l'hydrogène contenu dans le gaz des fours à coke. On sait que, pour les opérations métallurgiques, on utilise, non pas la houille crue,

tibles de diverses et nombreuses applications.

Tels sont, à l'heure actuelle, les procédés mis en œuvre pour la fabrication de l'hydrogène. On voit que l'ingéniosité des savants et des techniciens a permis, dans ce domaine, d'obtenir de remarquables résultats. Et, cependant, tout au moins en ce qui concerne notre pays, aucune des solutions adoptées n'est absolument satisfaisante, puisque toutes entraînent une consommation de combustible, et que la France est relativement pauvre en houille. La solution idéale



L'IMPORTANCE DE LA FABRICATION DE L'USINE D'OPPAU (ALLEMAGNE) A NÉCESSITÉ LA CONSTRUCTION D'UNE SÉRIE DE GAZOMÈTRES DE PLUSIEURS MILLIONS DE MÈTRES CUBES

mais le coke obtenu en faisant subir à des charbons, de qualité convenable, une calcination en vase clos, analogue à celle qui est employée dans la fabrication du gaz d'éclairage. Le gaz, qui prend naissance, contient, à côté d'hydrocarbures, une proportion notable d'hydrogène, environ 50 %. Ce corps pourrait être isolé par voie purement chimique : mais une solution très élégante, imaginée par Georges Claude, consiste à faire appel au froid. Seul l'hydrogène (qui bout à -252°) reste gazeux. On peut ainsi extraire, non seulement l'hydrogène, mais aussi d'autres produits, tels que le méthane et l'éthylène, qui sont, eux aussi, suscep-

consisterait, sans doute, à réaliser en grand l'électrolyse de l'eau, en empruntant l'énergie électrique, soit à la houille blanche, soit aux diverses sources naturelles que l'on a pu envisager. Le gaz ainsi obtenu est, en effet, très pur et pourrait être appliqué directement aux préparations synthétiques sans qu'il soit besoin de procéder aux opérations de purification toujours laborieuses. Mais, ainsi que j'ai dit plus haut, ceci suppose que l'on dispose de kilowatts abondants et à un prix admissible. La solution de ce problème économique et technique permettrait, d'ailleurs, de réaliser bien d'autres progrès.

RENÉ DUBRISAY.

COMMENT ON ÉTUDIE SCIENTIFIQUEMENT LES FORMES D'UN AVION DANS LES GRANDES SOUFFLERIES

Par Charles BRACHET

La première préoccupation des techniciens chargés de la construction d'un avion est évidemment de lui assurer le maximum de sécurité. L'expérience prouve chaque jour que les essais statiques auxquels est soumis le matériel, permettent d'atteindre ce but. Mais les progrès de l'aviation ont exigé que l'on se préoccupât d'un autre facteur important, c'est-à-dire de la façon dont l'avion se comporte dans l'air, de ses qualités aérodynamiques. Non seulement les records de vitesse et de distance sont dus à la grande finesse des appareils, mais encore le poids qu'un avion est susceptible d'emporter est également fonction de sa forme, de l'hélice employée, etc... Le prix actuel des transports postaux aériens montre qu'une amélioration, même minime, peut faire bénéficier la Compagnie exploitante d'un gain fort appréciable. Aussi se préoccupe-t-on beaucoup aujourd'hui, et notamment en France, grâce à la réorganisation des services du ministère de l'Air, d'étudier scientifiquement les maquettes d'avions dans des conditions se rapprochant le plus possible de celles du vol. A cet effet, deux souffleries, celle d'Eiffel et celle de Saint-Cyr, sont mises à la disposition des industriels et une troisième, à Issy-les-Moulineaux, établie d'après les données les plus modernes de la science, constitue le véritable laboratoire aérodynamique français.

La méthode scientifique doit être à la base de toute technique, qu'il s'agisse de recherches provisoirement désintéressées ou de vérifications d'ordre industriel. Tel est le principe de réorganisation qui anime la nouvelle équipe d'ingénieurs que M. Laurent Eynac a chargés de rattraper, en France, le terrain perdu dans l'universelle course au progrès.

L'an prochain, des hydravions porteront nos couleurs à la course de vitesse Schneider. Costes et Bellonte viennent de ramener chez nous le record de distance. C'est bien, mais au-dessus de ce « sport », brillant avant-courrier de futures performances commerciales, une tâche plus immédiate et pratique s'impose. Prenons un exemple : un avion postal tout chargé pèse 3.000 kg. Vide, sa tare est de 1.500 kg.

Déduisons le poids de l'équipage et du combustible. Il reste environ 600 kg de fret payant. S'il transporte uniquement des lettres (à 2 francs le gramme), la recette d'un voyage s'élève à 1.200.000 francs. Admettons que le technicien découvre dans l'établissement de cet appareil une erreur de choix de matériaux aboutissant à un excès de poids, une erreur de choix de l'hélice (dont le « pas » différerait, par exemple, de celui qui convient au régime optimum du moteur), ou encore un profil insuffisamment étudié qui aboutit à une résistance supplé-

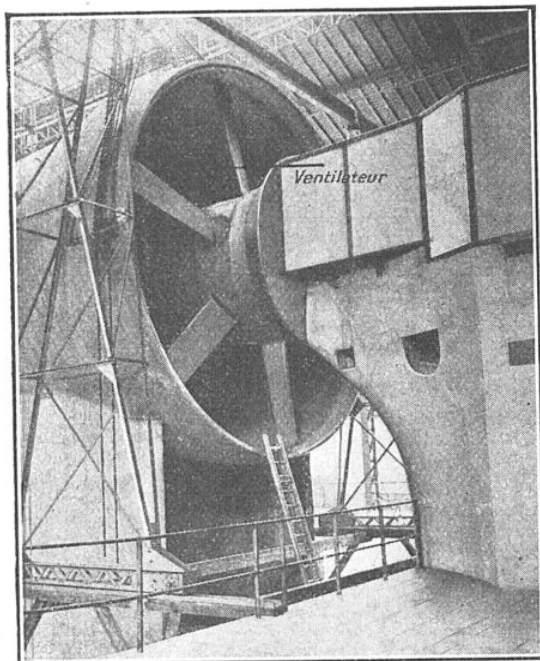
mentaire de l'air, autrement dit à une diminution de la « finesse », donc de la portance de l'avion. Quelle que soit l'erreur, elle a pour conséquence un accroissement inutile du poids. Admettons que cet accroissement soit à peine de un centième du total : 30 kg. L'erreur de construction coûte donc à la compagnie 30.000 grammes à 2 francs, soit 60.000 francs !

Devant ce taux d'erreur, modérément fixé cependant à 1 % du poids total, vous saisissez maintenant à quel point il est utile d'armer le technicien contre l'appréciation erronée de l'un quelconque des facteurs que nous venons de considérer : choix des matériaux, choix des moteurs, établissement des formes les meilleures donnant la plus grande « finesse ». Le rapide bilan qui précède proclame nettement que toute la technique aéronautique est dominée par le poids et la forme.

Nous examinerons ultérieurement les travaux effectués pour atteindre au meilleur taux d'utilisation des matières, notamment dans les moteurs. Parcourons seulement aujourd'hui les laboratoires où s'effectuent les études des formes.

Les souffleries à la disposition des constructeurs

Pour étudier de près les meilleurs profils ou les meilleurs dispositifs aérodynamiques,



LE VENTILATEUR DE LA GRANDE SOUFFLERIE
D'ISSY-LES-MOULINEAUX

L'air est aspiré par l'orifice du tunnel représenté ci-dessus. L'entrée de l'air s'effectue par l'autre extrémité du tunnel (hors de la figure, côté gauche). La chambre d'expérience est située au milieu du tunnel.

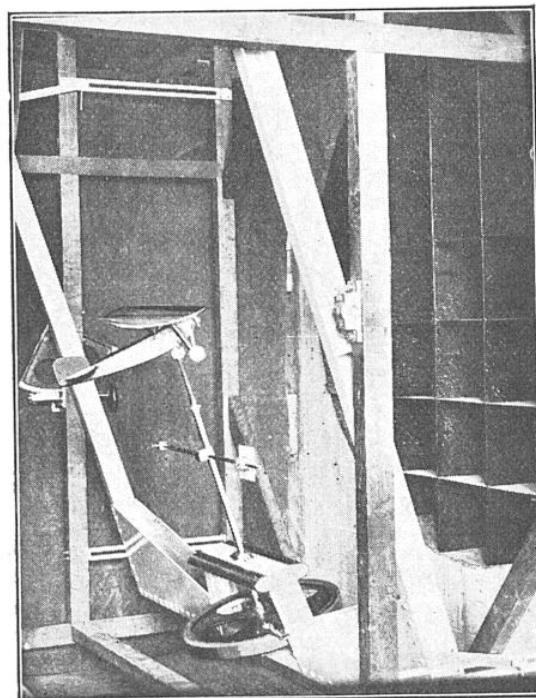
la première chose à réaliser, c'est un « vent artificiel », dans des conditions qui permettent d'effectuer les mesures, impossibles d'ordinaire, sur l'aéroplane en vol. De cette idée sont nées les grandes souffleries modernes — vastes tunnels dans lesquels de puissants ventilateurs entretiennent de violents courants d'air pouvant atteindre 100 mètres par seconde sur une section de 12 ou 15 mètres carrés. Au sein de ce vent artificiel, on suspend les pièces ou les modèles, dont on veut étudier la faculté de résister ou, plutôt, de « ne pas résister » au flux aérien.

La première en date de ces souffleries précéda, d'ailleurs, les besoins de l'aviation : elle fut établie par le grand ingénieur Eiffel pour confronter à la force du vent les maquettes des constructions métalliques géantes, qui étaient ses œuvres habituelles. Un édifice ne dépassant pas les hauteurs courantes n'a guère à se soucier du vent : ses surfaces latérales sont faibles et le « centre de poussée » des forces aériennes sur sa masse n'étant guère surélevé, le bras de levier dont ces forces disposent pour renverser l'édifice n'est pas bien dangereux. Il en va

autrement quand l'édifice doit atteindre 300 mètres : malgré qu'elle soit ajourée, la Tour Eiffel représente une surface considérable et le centre de poussée du vent sur elle est fort au-dessus des fondations. Pour les arcs des grands ponts métalliques, le même problème est d'autant plus grave que ces édifices n'ont toute leur solidité qu'après la fermeture des voûtes.

C'est pour élucider, par des données numériques certaines, ces problèmes techniques inexplorés qu'Eiffel établit sa soufflerie d'Auteuil. Celle-ci se trouva naturellement la bienvenue quand l'aviation, sitôt après son essor, reconnut, elle aussi, la nécessité d'éprouver le coefficient de résistance au vent de ses ailes et de ses fuselages, et l'efficacité de ses hélices comme propulseurs aériens.

A la soufflerie Eiffel, on en adjoignit bientôt une seconde, située à Saint-Cyr, où l'on établit, en outre, une voie ferrée électrique



MÉCANISME DE MESURE AU CADRE DANS LA
CHAMBRE D'EXPÉRIENCES DE LA PETITE
SOUFFLERIE EIFFEL

La maquette de l'avion soumise au courant d'air traversant la chambre est fixée à un cadre rigide oscillant permettant de donner aux ailes toutes les incidences relativement à la direction fixe de l'air. Les mesures des actions de l'air sur la maquette se font par une balance qui mesure les « moments » des forces de réaction, non ces forces elles-mêmes.

destinée à réaliser, par de grandes vitesses imprimées à un chariot porteur, le vent artificiel, dans des conditions se rapprochant de celles d'un décollage en plein air. Mais on reconnut vite que les mesures exactes, pouvant être réalisées sur cette voie, se rapportaient à des cas plutôt rares.

La soufflerie Eiffel et celle de Saint-Cyr ont été affectées par M. Laurent-Eynac au service des industriels. Elles sont à la disposition de tout constructeur, qui désire éprouver une famille d'hélices, ou une maquette d'avion avant de passer à la construction effective.

Les essais effectués à ce jour sont déjà innombrables. Etant donné leur caractère privé — une maquette aérodynamique à l'étude équivalant à une marque d'appareil non encore déposée — on comprendra que nous ne puissions entrer dans les détails et les résultats de ces expériences.

La grande soufflerie d'Issy-les-Moulineaux

Son véritable laboratoire aérodynamique — au sens de la science, qui est celui de la pure recherche — le ministère de l'Air l'a réalisé dans la grande soufflerie d'Issy-les-Moulineaux, établie suivant les données les plus modernes. C'est là que, sous la direction générale de M. l'ingénieur Lapresle (chargé de surveiller la coordination du travail dans l'ensemble des souffleries), et sous la direction effective de M. Dupont, chef de laboratoire, travaillent de jeunes spécialistes, ingénieurs venus des grandes écoles, que passionne la science nouvelle : MM. Valensi et Micheau.

Visitons l'instrument avant d'examiner le travail qu'il permet de faire :

Le tunnel aérodynamique d'Issy, long de 40 mètres, est du système Eiffel. Il peut réaliser des courants d'air de 80 mètres par

seconde, sur une section circulaire de 3 mètres de diamètre. Son ventilateur a une puissance de 1.000 ch.

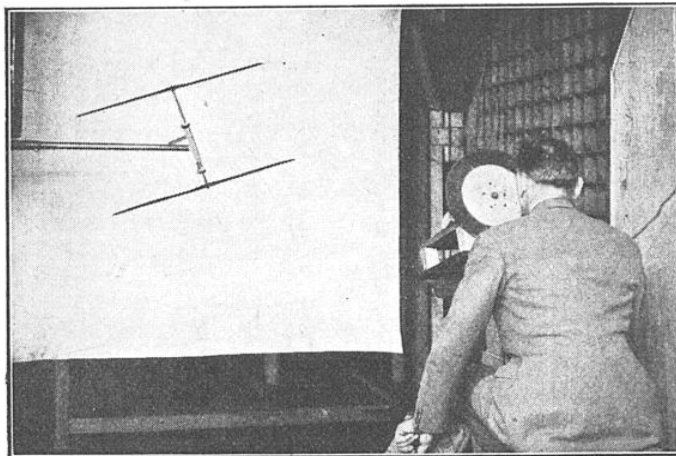
Il comporte trois parties : le collecteur d'air, la chambre d'expérience et le diffuseur. L'ensemble forme une vaste buse rétrécie au niveau de la chambre d'expérience. L'air est *aspiré* à la sortie du diffuseur, et non comprimé à l'entrée du collecteur, ceci dans le but, facile à saisir, d'éviter les tourbillons internes. Dans le même but, l'entrée du collecteur (par où l'air s'en-

gouffre) est cloisonnée en de nombreuses cellules parallélépipédiques, qui canalisent les filets aériens en directions parallèles. C'est le principe inventé par Eiffel.

Mais alors que, dans les souffleries précédemment établies, on mesurait (au moyen d'un jeu de balances) les *moments* des forces appliquées (par l'air circulant) aux formes maté-

rielles étudiées, dans la nouvelle soufflerie, ce sont ces *forces* elles-mêmes que des dynamomètres ingénieusement disposés mesurent *directement*.

Au moyen de filins de rappel et de poulies, on conçoit que le dispositif expérimental puisse devenir, de la sorte, aussi souple que varié. On obtient finalement la détermination rapide, précise et continue, des caractéristiques aérodynamiques du modèle par le simple dépouillement d'un diagramme (voir figure, p. 240), lequel résume toujours quatre mesures groupées deux à deux : celles des poussées (forces verticales) subies sous l'effet du courant d'air par les bords *avant* et *arrière* du modèle et celles des traînées (forces horizontales), qui s'appliquent au modèle par ses côtés *droit* et *gauche*. Ainsi, l'on est à même de calculer, en faisant varier les incidences autant que l'on veut, toutes les résultantes aérodynamiques qui intéressent l'expérimentateur.



ÉTUDE, DANS LA PETITE SOUFFLERIE EIFFEL, D'UN SYSTÈME D'HÉLICES

Les hélices réagissent par un bras de levier rigide sur la balance (située hors de la figure) dont les indications apparaissent sur le cadran placé sous les yeux de l'expérimentateur.

La balance aérodynamique

Le dispositif de mesure est entièrement schématisé dans la figure ci-dessous. Deux réseaux de fils d'acier verticaux très minces (de 5 à 15 dixièmes de millimètre), munis de tendeurs en vue des réglages préalables, sont situés respectivement dans les deux plans verticaux (avant et arrière), qui contiennent le « bord d'attaque » et le « bord de fuite » de l'aile. Ce premier système multifilaire sert de suspension au modèle, en même temps qu'il mesure les composantes verticales des forces avant et arrière.

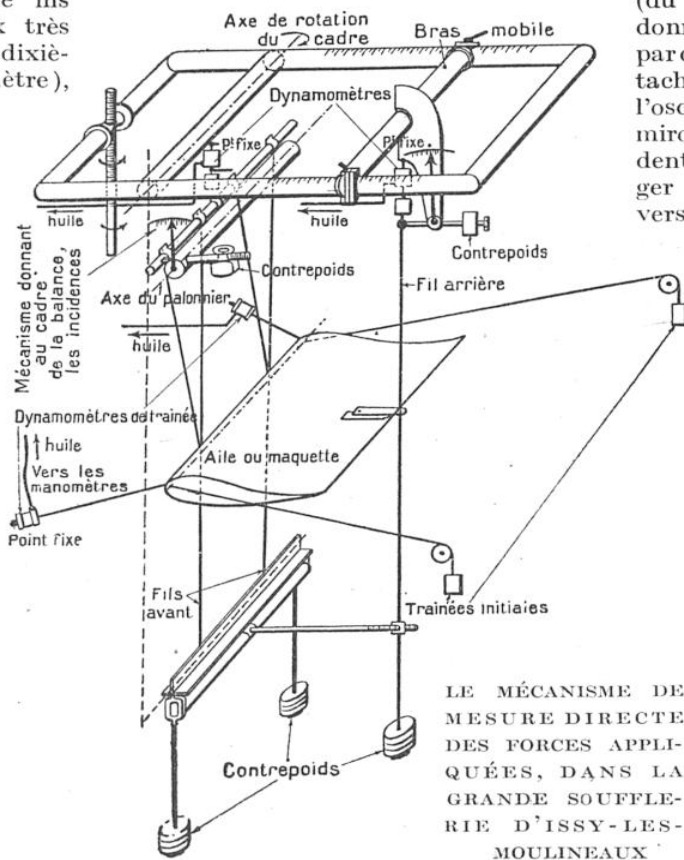
Un réseau de fils horizontaux sert aux mesures des composantes horizontales (traînée) de l'effort aérodynamique.

Un cadre rectangulaire supérieur tournant autour d'un axe (sous l'effet d'une vis sans fin) permet de varier l'incidence du modèle relativement au courant de la soufflerie.

Chaque fil tendeur est attaché par l'une de ses extrémités à un dynamomètre, lui-même lié à un point fixe. Les dynamomètres utilisés sont d'un modèle unique, à pression d'huile. L'huile de chaque appareil est canalisée par un fin

tuyau de cuivre jusqu'à la table qui centralise, côte à côte, tous les manomètres chargés de mesurer les pressions que fournissent les dynamomètres. Ces manomètres (du type Bourdon) donnent leurs mesures par déplacement d'une tache lumineuse, sous l'oscillation d'un petit miroir qu'ils commandent. On fait converger tous les miroirs vers la fente d'une

chambre noire cylindrique contenant un film photographique qui se déroule automatiquement. Ainsi se tracent simultanément les quatre courbes fondamentales (deux de traînée, deux de poussée) que représente la figure de la page 240.



LE MÉCANISME DE MESURE DIRECTE DES FORCES APPLIQUÉES, DANS LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY-LES-MOULINEAUX

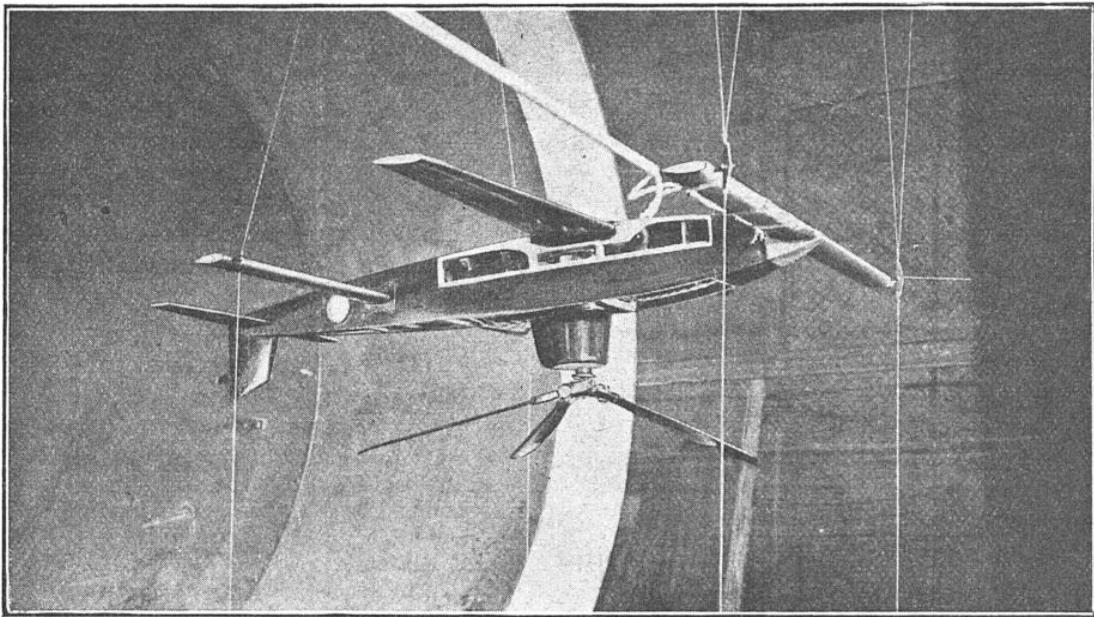
L'aile de la maquette d'avion est suspendue dans le courant d'air au moyen de fils dont la tension agit sans intermédiaire sur des dynamomètres enregistreurs. Un système de fils de suspension passe par le bord d'attaque de l'aile expérimentée. La résistance au vent de cette aile (traînée) se traduit par une traction horizontale sur des dynamomètres (l'aile est équilibrée horizontalement, au début de l'expérience, par de légers contre-poids formant des « traînées initiales » dont on tient compte). La composante verticale (poussée) de l'action du vent sur l'aile se mesure par la tension des fils de suspension (à contre-poids) passant par l'avant comme par le bord de fuite de l'aile. Un dynamomètre installé dans le cadre supérieur de l'appareil mesure ces tensions. L'aile (et toute maquette, en général) est suspendue en position renversée (le dos en bas), afin que l'action du vent se traduise par une poussée s'ajoutant à celle des contre-poids tendeurs. En haut, le cadre de la balance dont l'inclinaison variable permet de donner à l'aile expérimentée toutes les incidences possibles.

aux ailes de l'avion serait un progrès technique de grande importance, puisqu'en réchauffant l'aile de cette façon, on éviterait la formation du fatal verglas qui gêna Costes et Bellonte, aussi bien que Lind-

Les essais effectués

Nous donnons, en photographies, quelques exemples caractéristiques des essais couramment effectués dans la chambre d'expériences d'Issy. Tous les organes principaux de l'avion y sont méthodiquement étudiés : l'aile et l'hélice, les fuselages et les coupoles.

Par exemple, l'incorporation des radiateurs



UNE MAQUETTE DE GYROPTÈRE SUSPENDUE (RENVERSÉE) DANS LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCES DE LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY-LES-MOULINEAUX

bergh, au cours de leurs raids fameux. D'autre part, la chaleur rayonnée doit avoir une influence probablement heureuse sur l'écoulement des filets d'air le long des plans porteurs. Encore faut-il que la structure des surfaces radiantes, incorporées à l'aile, n'intervienne pas, par un accroissement inadmissible de la « traînée » ou par une diminution de la « poussée » sustentatrice. Les radiateurs alaires sont soumis à des études méthodiques dans la soufflerie d'Issy.

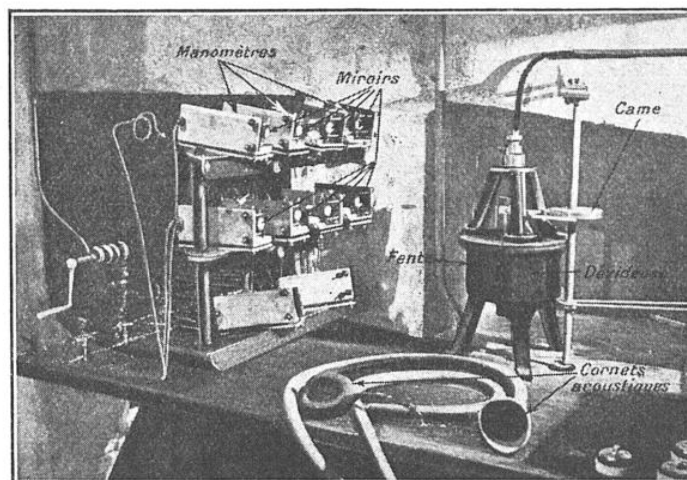
On y étudie encore des systèmes d'ailes à surface variable, dont l'une, présentée par

l'inventeur Gérin, se déroule plus ou moins (par son bord de fuite) sous l'effet du vent. Encore un problème, dont la solution — capitale pour l'avenir — ne saurait

provenir que d'une infinité d'essais, inlassablement poursuivis.

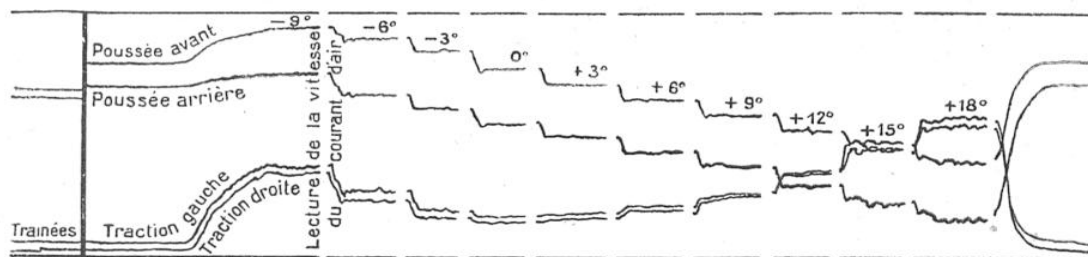
Les dispositifs spéciaux à l'essai des hélices

Les hélices exigent qu'on leur applique des dispositifs spéciaux d'expérimentation. On ne peut les étudier en grandeur naturelle. La maquette réduite n'est cependant pas inférieure aux deux tiers de la grandeur réelle. Cette réduction est tou-



LA CHAMBRE DES APPAREILS DE MESURE DE LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY-LES-MOULINEAUX

Tous les tuyaux d'huile des divers dynamomètres (rencontrés dans le schéma de la page 238) viennent aboutir à une série de manomètres à miroirs. Les miroirs convergent sur la fente d'une chambre noire cylindrique contenant un film photographique. Ce film enregistre (sous l'impulsion d'une dévideuse) les différentes valeurs de l'écart imposé aux différents miroirs par les différentes pressions dynamométriques.



LES GRAPHIQUES DES DIFFÉRENTES COMPOSANTES DE LA RÉACTION D'UNE AILE AU COURANT D'AIR, A DIVERSES INCIDENCES

Ceci est une portion du film impressionné par les miroirs manométriques. On distingue les courbes des poussées (avant et arrière) et des trainées (droite et gauche) qui croissent ou décroissent à mesure que l'incidence varie. Entre chaque échelon d'incidence, on aperçoit une bande blanche verticale; elle correspond à l'interruption momentanée de l'enregistrement, afin de mesurer la vitesse du courant d'air.

tefois suffisante pour exiger que le moteur électrique, appliqué à mesurer le « couple » de rotation et la force « de traction » correspondante de chaque hélice, puisse tourner à tous les régimes jusqu'à la vitesse de 6.000 tours par minute.

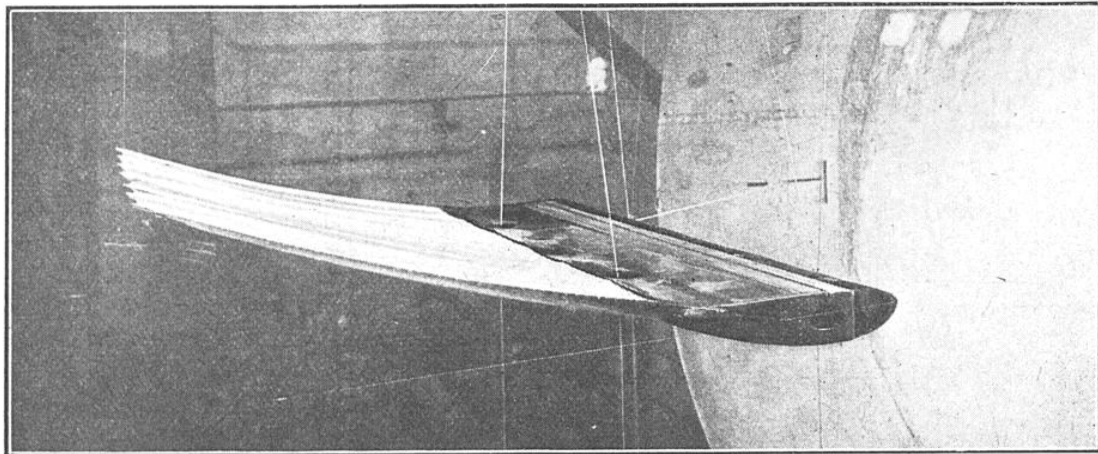
Pour effectuer ces mesures, le moteur est monté « à deux degrés de liberté » : le stator peut osciller transversalement sur son berceau; son inclinaison est proportionnelle au couple de l'hélice installée en bout d'arbre : cette inclinaison est notée par un dynamomètre. D'autre part, sous l'effet de traction de l'hélice, l'ensemble moteur est porté en avant selon une poussée, que mesure un second dynamomètre.

Si l'on voulait étudier la réaction du « souffle » de l'hélice sur l'empennage d'un aéroplane, il conviendrait de réaliser celui-ci à l'échelle de l'hélice. Mais si l'on peut se contenter de réduire une hélice d'un tiers,

il faut bien se rendre compte qu'un avion, réduit d'un tiers, serait encore immensément trop grand pour la soufflerie. Les maquettes d'avion s'établissent d'ordinaire à l'échelle de un dixième.

Mais l'hélice correspondante, au dixième, exige qu'on lui applique des rotations extrêmement élevées, si l'on veut conserver à ses pales la « vitesse tangentielle moyenne » qu'elles possèdent lorsqu'elles fournissent 2.000 tours par minute à l'échelle normale. Il faut donc obtenir du moteur qu'il tourne à 20.000 tours, par minute, si l'on veut rétablir sur la maquette les conditions réelles de fonctionnement.

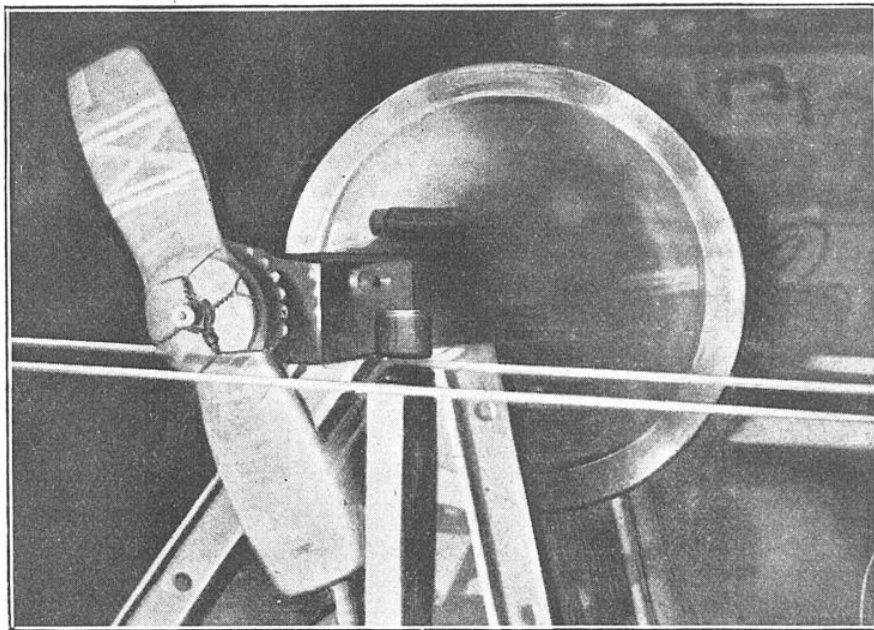
C'est un tel moteur que l'on étudie, en ce moment, à Issy. Tourner à 20.000 tours par minute, tout en mesurant des couples et des tractions, ce n'est pas le jeu habituel des moteurs électriques.



ESSAI, DANS LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY-LES-MOULINEAUX, D'UNE AILE SOUPLE, A SURFACE VARIABLE (EN POSITION RENVERSÉE)

Les projets et les études en cours

En dehors des essais systématiques destinés à contrôler et à étudier les modèles proposés par les constructeurs, le laboratoire d'Issy poursuit les diverses études suivantes. Une « girouette » sera établie pour mesurer directement les efforts que subissent les modèles autour de trois axes passant par leur centre de gravité (moments de tangage, de lacet, de roulis). La mesure de ces efforts se fera par l'évaluation de la résistance opposée au vent par des plaquettes rectangulaires de diverses dimensions, placées dans le vent, à des distances variables de l'axe de rotation



EXAMEN STROBOSCOPIQUE DES VIBRATIONS D'UNE HÉLICE

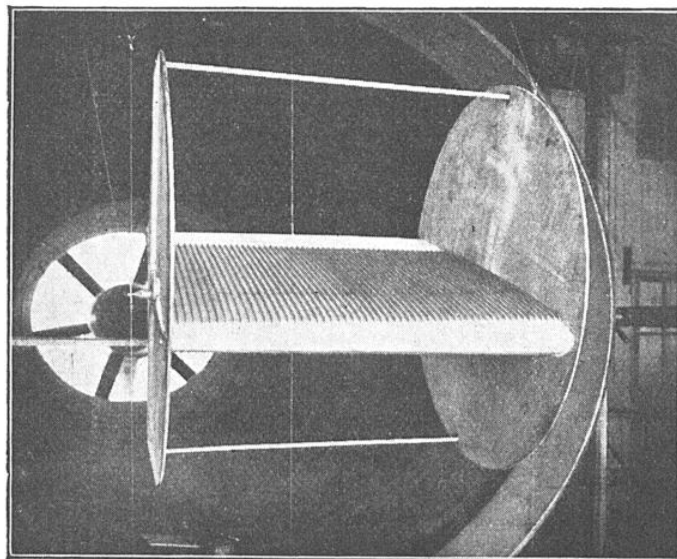
L'hélice tourne à 1.800 tours, mais le stroboscope au néon immobilise son image ainsi que ses repères (tracés en blanc) dont la variation de position indique les flexions subies aux différentes vitesses.

intéressé. La girouette en question fournira des indications précieuses sur la stabilité des avions en vol.

Au moyen du « stroborama » (1), les expérimentateurs d'Issy mesurent les déformations des hélices au travail et tournant à de grandes vitesses. Certains repères (voir la photographie ci-dessus) sont portés sur l'hélice et leur déplacement mesuré photographiquement dans les variations successives de régime (quand l'hélice apparaît immobile sous la lumière du stroboscope) permet d'évaluer les efforts subis par l'hélice d'un régime à l'autre.

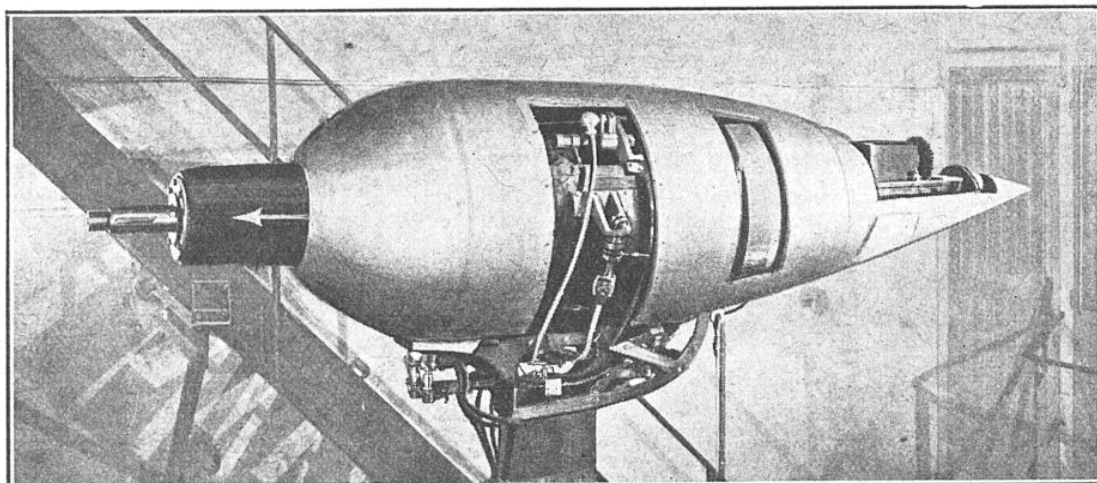
Enfin, les ingénieurs d'Issy ont décidé de réaliser dans leur soufflerie des vitesses aériennes — jusqu'ici inconnues — de l'ordre de la vitesse du son dans l'air (340 mètres par seconde). Ces vitesses permettront de monter certaines expériences théoriques du plus haut intérêt.

Pour imprimer à l'air cette vitesse énorme de 1.225 kilo-



ESSAI, DANS LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY-LES-MOULINEAUX, DE RADIATEURS INCORPORÉS DANS L'AILE

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 102, page 591.



LE MOTEUR A CARTER PROFILÉ D'ISSY-LES-MOULINEAUX

Ce moteur est destiné à étudier : 1° la traction des hélices (par translation de l'ensemble moteur suivant la flèche blanche) ; 2° leur effort de torsion (par un dynamomètre latéral qu'un tirant rigide lie, d'une part, au stator du moteur, d'autre part, au pilier fixe). Le pilier fixe, très étroit, contient tous les câbles conducteurs d'énergie et les câbles conducteurs des appareils de mesure : dynamomètres, compte-tours.

mètres à l'heure, on utilise des étages multiples de « trompes de Venturi » spécialement dessinées, et placées dans la veine centrale du courant normal de la soufflerie. A l'échelle réduite, une telle expérience n'est pas difficile à réaliser : il en va autrement quand il est nécessaire d'obtenir des courants suffisants pour être appliqués à des modèles de grandeur convenable.

Ce sont des études de ce genre qui mettront un jour en lumière les lois de la propulsion par réaction (fusée). On n'ignore pas en effet, que ce mode de propulsion — bruyamment inauguré par le constructeur allemand Von Opel, qui fit récemment deux

tours d'aérodrome mû par des gargousses de poudre — peut et doit devenir tôt ou tard rationnel, quand, au lieu de poudre, on pourra utiliser les gaz d'échappement d'un

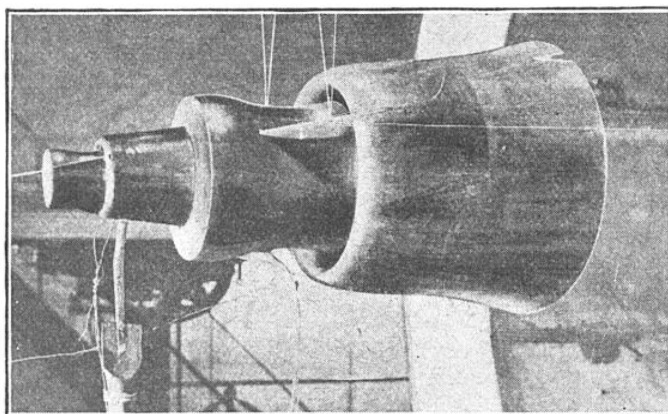
simple brûleur à pétrole. Mais l'efficacité d'un tel avion-fusée dépendra de sa vitesse.

Le « vent relatif » de sa course devra certainement atteindre les 1.225 kilomètres à l'heure, dont les Venturi d'Issy-les-Moulineaux donneront un avant-goût aux techniciens.

Les ingénieurs ont donc aujourd'hui à

leur disposition un laboratoire technique vraiment moderne qui leur permet d'étudier scientifiquement les modèles qu'ils ont conçus.

CHARLES BRACHET.



GRANDES TROMPES DE VENTURI A ÉTAGES, GRACE AUXQUELLES L'ON ESSAIE ACTUELLEMENT DE RÉALISER, DANS LA GRANDE SOUFFLERIE D'ISSY, DES COURANTS D'AIR ATTEIGNANT LA VITESSE DU SON

LE CONTRÔLE INDUSTRIEL DE LA DURETÉ DES MÉTAUX

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

DE plus en plus nombreux, les produits métallurgiques voient la diversité de leurs applications s'accroître sans cesse. Il est donc nécessaire, aujourd'hui plus que jamais, de définir exactement quelles propriétés des métaux et, en particulier, des aciers il convient le mieux de contrôler pour s'assurer qu'ils donneront satisfaction à l'usage, et, surtout, d'unifier les méthodes de mesure de ces propriétés. Les industriels, producteurs et acheteurs, sont donc aujourd'hui placés devant un problème particulièrement embarrassant : choisir parmi les nombreux procédés déjà employés ou proposés, une méthode simple, rapide, permettant l'emploi d'appareils robustes et facilement transportables, et donnant des indications précises sur les qualités du métal essayé. Ce choix est particulièrement difficile, d'abord parce qu'aucune des méthodes en usage ne présente sur toutes les autres un avantage bien marqué, et, aussi, parce qu'aucun accord préalable n'a été réalisé sur la définition précise des quantités à mesurer.

Les deux principaux procédés utilisés industriellement pour le contrôle des métaux sont la mesure de la charge de rupture et celle de la dureté.

En ce qui concerne la charge de rupture, le problème n'est pas trop compliqué. Moyennant quelques précautions expérimentales et quelques modifications simples à la méthode courante (1), qu'il serait relativement facile de faire adopter par tous les industriels, on pourrait disposer d'un procédé pratique et d'une réelle valeur scientifique.

Il n'en est malheureusement pas de même en ce qui concerne la dureté, dont nous allons nous occuper particulièrement et au sujet de laquelle un récent travail de M. P. Roudié apporte des idées nouvelles et des précisions intéressantes, que nous allons brièvement exposer

Qu'est-ce que la dureté ?

A cette question, on peut dire, avec un peu d'exagération, qu'il n'y a pas deux personnes qui donnent la même réponse. En fait, il y a exactement autant de définitions de la dureté que de méthodes et d'appareils différents pour la mesurer.

Nous ne citerons que pour mémoire la « dureté absolue » (1), qui, si elle peut avoir une valeur théorique, n'est pas susceptible d'application industrielle.

L'idée fondamentale que la dureté est la résistance de la matière à la pénétration d'un corps solide, paraît indiscutable, parce qu'elle s'accorde le mieux avec le témoignage de nos sens. Reste à définir exactement la manière dont la mesure de cette résistance doit être effectuée. Cette définition a reçu sa principale application dans les méthodes dites statiques, et, en particulier, dans la méthode de la bille de Brinell. On sait que ce procédé consiste à appliquer *progressivement*, sur une face plane et lisse de l'échantillon à mesurer, une bille en acier très dur, sous une charge connue, maintenue un certain temps ; il se produit sur l'échantillon une empreinte en forme de calotte sphérique dont on évalue la surface en mesurant son diamètre. On appelle *Dureté-Brinell* le rapport de la charge appliquée à la surface de l'empreinte. Le diamètre de la bille est généralement de 1 centimètre et la charge de 3.000 kilogrammes. Cette méthode a une réelle valeur, tant que l'opérateur s'en tient à son principe, mais celui-ci est incompatible avec la conception d'un appareil portatif, réclamé par tous les industriels. L'effort nécessaire pour produire avec une bille une empreinte lisible sur un acier ne permet pas de réaliser un appareil léger, de dimensions réduites. On a alors eu recours à divers artifices pour éviter d'avoir à produire les fortes pressions exigées par la méthode Brinell, mais, par là même, on s'est fatalement écarté du principe de la

(1) On applique à une éprouvette, prélevée dans le métal à essayer, des charges croissantes, jusqu'à rupture de l'échantillon.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 136, page 271.

mesure. On a également reproché à cette méthode de ne pas tenir compte, dans la pratique, bien que cela soit possible en théorie, de la déformation subie par la bille, pour des métaux suffisamment durs. De même, l'empreinte obtenue sur le métal a, dans ce cas, un trop petit diamètre pour qu'on puisse le mesurer facilement. D'autre part, si l'on analyse le procédé du billage, on voit immédiatement que l'on mesure une déformation permanente de l'échantillon obtenue dans des conditions qu'il serait d'ailleurs bon de préciser, et qu'il n'est pas fait état de la réaction élastique du métal sous l'effet de la charge qui lui est appliquée, réaction qui, lorsqu'on y réfléchit, doit être certainement un des facteurs de la dureté.

C'est pour remédier à ces insuffisances que l'on a été amené à concevoir plusieurs méthodes, tenant compte de l'élasticité du métal, et dites dynamiques, par opposition aux méthodes statiques auxquelles nous avons fait allusion plus haut. Parmi ces méthodes dynamiques, une des plus séduisantes au point de vue pratique est celle des appareils à rebondissement, très simples et portatifs. D'une hauteur constante, on fait tomber une petite bille en acier très dur sur une face plane et horizontale du métal à essayer : on constate que la bille rebondit d'autant plus haut que l'échantillon est plus dur. Le seul reproche que l'on puisse faire à ces appareils dynamiques est que la pièce à éprouver doit avoir une masse suffisante pour ne pas entrer en vibrations lors de la chute de la bille. Ces vibrations absorbent, en effet, une partie de l'énergie cinétique de la bille et le résultat de la mesure serait faussé. Une masse additionnelle convenablement placée sous l'échan-

tillon suffit d'ailleurs pour éliminer ce défaut.

Lorsqu'on utilise cette méthode dynamique pour l'essai de certains corps amorphes tels que le celluloïd, l'ébonite, etc, on trouve des hauteurs de rebondissement de la bille qui feraient classer ces corps parmi ceux qui ont une dureté voisine de celle des aciers dits demi-durs. Il est évident que cette anomalie provient non du principe de l'appareil utilisé, mais de la constitution même des

corps amorphes. Ces corps se comportant dans la plupart des cas, comme des liquides surfondus, il n'est pas étonnant de trouver, aux essais, une réaction supplémentaire, due à leur tension superficielle.

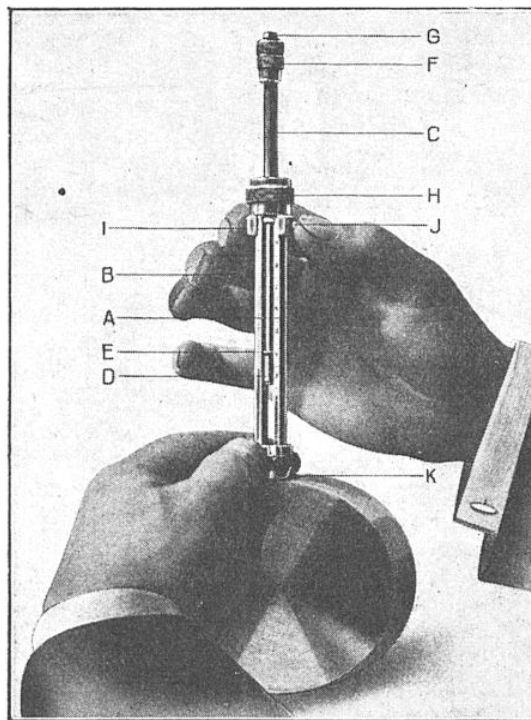
Un des appareils à la fois les plus robustes, les plus simples et les plus précis, pour la mesure de la dureté d'après cette méthode, est un appareil de fabrication française, le sclérographe, sur la description duquel nous ne reviendrons pas, celle-ci ayant déjà paru dans un numéro précédent (1).

La mesure de la réaction élastique de choc réalise, sur le billage tel qu'il est actuellement effectué dans l'industrie, un progrès d'une grande utilité pratique. Elle permet, en effet, de mesurer les duretés superficielles des

aciers cimentés et nitrurés, ainsi que le degré d'écrouissage des tôles. Cela ne veut pas dire que le problème soit aujourd'hui complètement résolu. C'est une solution provisoire, qui a des avantages commerciaux indiscutables. Seuls, les progrès de la physique dans les prochaines années permettront de donner une définition précise de la dureté correspondant à la réalité, et de prescrire une méthode de contrôle donnant toutes garanties à la fois aux producteurs et aux usagers.

J. BODÉT.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 133, page 81.



EMPLOI DU SCLÉROGRAPHE

La tige C, en tombant en K sur le métal à essayer, rebondit, et la collerette E du capuchon D s'arrête à la hauteur où la tige est montée. D'après cette hauteur, on déduit, au moyen de tables, la dureté du métal. A, tube de l'appareil ; F, écrou bloqué par une vis G ; J, gâchette libérant la tige.

RENDONS NOS HABITATIONS INSENSIBLES AU FROID, A LA CHALEUR, A L'HUMIDITÉ ET AU BRUIT

Par Jean MARIVAL

LES procédés modernes de construction, s'ils ont permis d'édifier rapidement et — les précautions nécessaires étant prises — dans d'excellentes conditions de sécurité, des immeubles d'habitation ou des locaux industriels, ont cependant et malheureusement fait surgir certains inconvénients dus à la fois à la légèreté de la bâtisse et aux qualités des matériaux employés. Qui n'a remarqué, en effet, la grande sonorité des maisons modernes et la facilité avec laquelle le froid ou la chaleur de l'atmosphère traverse des murs, dont la faible épaisseur, autorisée par la solidité du matériau employé, n'offre qu'une barrière dérisoire à l'échange des calories entre l'intérieur et l'extérieur ? Certes, la généralisation du chauffage central remédie largement (mais, à quel prix) pendant l'hiver à cet état de choses, cependant que l'été il faut subir la pénétration intense de la chaleur.

Est-ce à dire que l'architecte est désarmé et doit revenir à la construction d'autrefois, aux murs épais, pour édifier des habitations vraiment confortables ? Répondre par l'affirmative serait méconnaître les progrès de la technique moderne et nier l'existence de matériaux isolants qui ont fait leurs preuves, depuis très longtemps, dans de nombreuses constructions modernes.

Les matériaux isolants

Si l'on classe les matériaux de construction dans l'ordre *croissant* de leur pouvoir d'isolement, on trouve : le béton, le ciment, la brique, le plâtre et enfin le bois. Six centimètres d'épaisseur de bois équivalent en effet, au point de vue isolement, à 53 centimètres de béton ! Or, il ne viendra à personne l'idée de construire des maisons en

bois ou entièrement recouvertes de bois. On a donc recherché simplement à réaliser un isolant à base de bois.

Cependant, de tous les matériaux *massifs* connus, aucun ne peut être considéré comme absolument isolant. Or, personne n'ignore que l'air est mauvais conducteur des agents physiques : les sons, par exemple, se propagent moins vite dans l'air que dans les solides ou les liquides ; la chaleur et le froid également, si l'air est enfermé dans un espace clos. Cette remarque a donné naissance, d'ailleurs, à l'emploi de doubles portes pour éviter les indiscretions et de doubles fenêtres pour lutter contre le froid.

Pour résoudre le problème proposé, il était donc naturel de penser à fabriquer des agglomérés composés de matières isolantes contenant de l'air extrêmement divisé. Et le bois a été choisi, étant donné sa mauvaise conductibilité, son prix relativement peu élevé et la facilité de son exploitation dans certains pays.

Supposons donc réalisé cet aggloméré représenté en coupe fig. 1. Si un agent physique quelconque (froid, chaleur ou son) vient le frapper en C, il pénètre dans le panneau et s'y propage comme dans un solide jusqu'à ce qu'il rencontre une cellule d'air. Cet air étant moins bon conducteur que la matière solide qui l'entoure, l'agent en question fera le tour de la cellule d'air et ainsi de suite, de toutes les cellules d'air qu'il rencontrera. Il n'arrivera donc de l'autre côté du panneau qu'après avoir suivi un très long trajet et, par conséquent, avec une intensité très diminuée ou presque nulle.

Dès lors, la préparation optimum d'un aggloméré nous apparaît nettement : après avoir choisi le matériau, en l'espèce le bois,

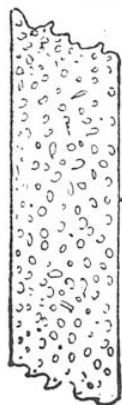


FIG. 1. — COUPE D'UN
PANNEAU D'INSULITE

Un agent physique (chaleur, etc.) frappant le panneau en C rencontre de nombreuses cellules d'air et n'arrive de l'autre côté qu'avec une intensité presque nulle.

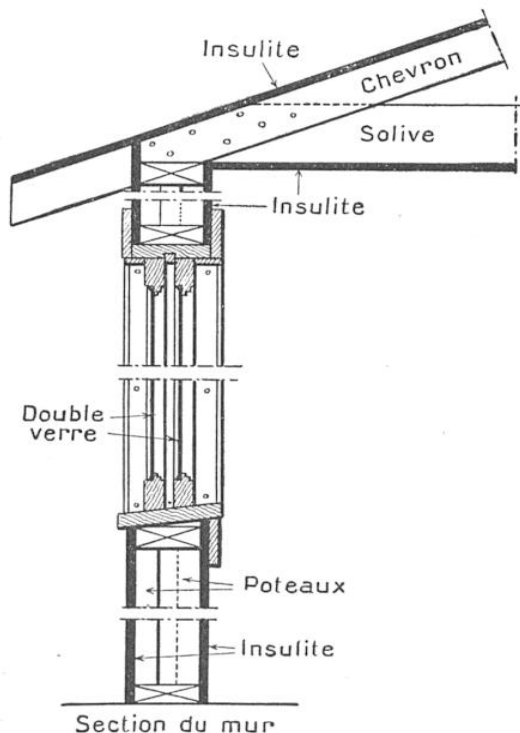


FIG. 2. — COMMENT ON ÉTABLIT UNE ENCEINTE COMPLÈTEMENT ISOLÉE AU POINT DE VUE ACOUSTIQUE

Cette coupe représente la construction des murs et plafonds du Studio de l'Exposition Radioélectrique de Minneapolis (Etats-Unis). On voit que l'insulite est utilisée à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du studio, pour obtenir un isolement acoustique parfait. Les poteaux soutenant les panneaux d'insulite étant disposés en quinconce, ceux-ci furent simplement cloués sur ceux-là. Ainsi toute liaison entre les deux parois du mur était supprimée. Le toit fut de même protégé au moyen d'insulite. Enfin, on remarque que la baie d'éclairage est formée d'une double glace.

puisque c'est le meilleur isolant, on le réduira en fibres afin de permettre à l'air de s'immiscer facilement dans la matière ; ces fibres seront ensuite reliées entre elles pour former un ensemble compact.

Il est clair que l'on devra éviter l'emploi de trop grandes pressions qui risqueraient de chasser l'air, annulant ainsi l'effet du défibrage. Un excellent procédé consiste à agglomérer les fibres de bois par un enchevêtrement mécanique semblable à celui du feutre : c'est le « felting process » (procédé de feutrage). Cet enchevêtrement est obtenu par deux cylindres dentés, à axes parallèles et tournant en sens inverse. Suivant la vitesse de rotation des cylindres, la quantité

de fibres entraînées et enchevêtrées est plus ou moins grande, ce qui permet d'obtenir des panneaux plus ou moins riches en cellules d'air, condition intéressante suivant les destinations des panneaux.

L'emploi du bois nous oblige, cependant, à penser immédiatement aux qualités de conservation des agglomérés obtenus. On sait, en effet, que le bois « pourrit », par suite de la présence de produits organiques tels que le glucose. Pour le rendre imputrescible, il est nécessaire de faire bouillir les fibres, ce qui nuit à leur résistance. Pour éviter l'action de la chaleur, on devra donc choisir des essences de bois renfermant très peu de sève et de gomme, comme certaines espèces de sapins et de pins du Nord des Etats-Unis. On aura ensuite recours à la chimie pour traiter les fibres et les rendre imputrescibles.

Un excellent isolant

Toutes ces conditions sont-elles réalisables ? Nous pouvons répondre aujourd'hui par l'affirmative, car le temps a prouvé les excellentes qualités d'un produit, nouveau en France, mais employé depuis dix-huit ans en Amérique. Depuis 1912, en effet, 45.000 wagons frigorifiques ont été construits avec ce produit et aucun panneau n'a dû être encore remplacé. Ce produit nommé « insulite » est obtenu, comme nous l'avons exposé plus haut, par feutrage des fibres d'essences particulières de bois, traitées chimiquement et non par la chaleur.

Il oppose au froid comme à la chaleur une barrière quasi infranchissable. C'est ainsi que le commandant Byrd, au pôle Sud, a

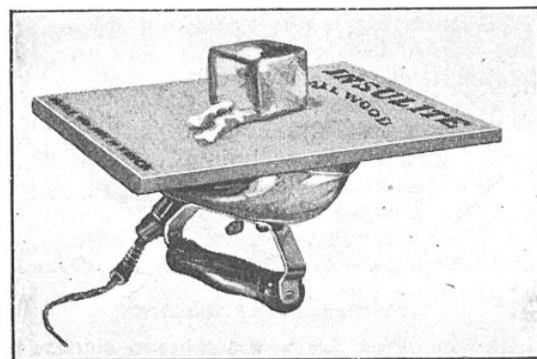


FIG. 3. — UNE EXPÉRIENCE FACILE À FAIRE QUI MONTRE LES QUALITÉS ISOLANTES DE L'INSULITE AU POINT DE VUE THERMIQUE. Un bloc de glace placé sur un panneau d'insulite reposant sur un fer électrique ne fond que très lentement.

hiverné dans des baraques démontables isolées avec ce produit.

Des essais récents et rigoureux effectués au Laboratoire des Arts et Métiers, à Paris, ont, d'ailleurs, montré que la *différence de température* observée au bout de 96 heures (l'équilibre étant atteint après 30 heures d'expérience), entre deux côtés d'une caisse ne renfermant qu'une épaisseur d'air de 2 centimètres et dont les parois étaient constituées par des plaques d'insulite de 12 mm. 5, atteignait 68 degrés. Cela suffit à montrer les qualités d'isolement thermique du produit.

Au point de vue acoustique, et notamment pour la fabrication des films parlants et sonores, on l'emploie à Hollywood de même qu'à Paris pour isoler tous les studios. A Paris, les cabines téléphoniques du Sénat sont équipées avec ce produit.

En outre, l'« insulite » évite l'humidité et

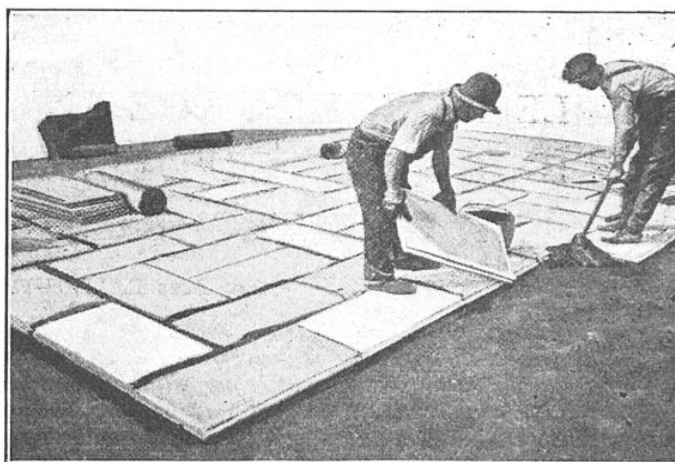


FIG. 5. — LE TOIT D'UNE MAISON, PRÉALABLEMENT RECOUVERT D'ASPHALTE, EST ISOLÉ AU MOYEN DE PANNEAUX D'INSULITE QUI ADHÈRENT TRÈS FORTEMENT

d'« insulite », leur refroidissement devient presque nul et la condensation ne se produit plus.

Une simple expérience démontre facilement l'imperméabilité de l'« insulite ». Si on fixe un cylindre vertical sur un panneau horizontal, que l'on mette de l'eau sur une hauteur de 10 centimètres, au bout de dix jours, la face inférieure du panneau reste complètement sèche.

D'une agréable couleur crème, quadrillé comme un tissu, ce produit se prête à la décoration des intérieurs. Il peut être peint, décoré au pochoir, tapissé avec du papier ou du tissu. L'adhérence du plâtre étant parfaite, il peut être utilisé pour les plafonds qui ne risquent plus de se fendre.

Enfin, si ce produit n'est pas incombustible, étant en bois, il peut être ignifugé comme ce dernier et, en outre, localise le feu et s'oppose à son développement, car il se consume lentement, sans flamme.

Telles sont, rapidement décrites, les qualités de ce produit qui, obtenu scientifiquement, ne manquera pas d'intéresser tous ceux qui recherchent le maximum de confort dans l'habitation.

JEAN MARIVAL.

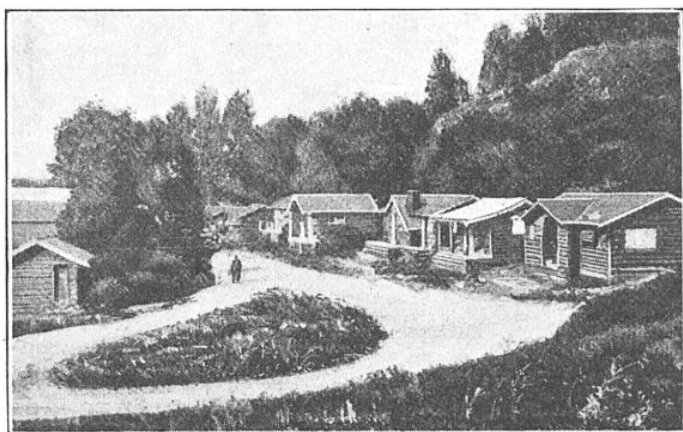


FIG. 4. — UN GROUPE DE PETITS CHALETS CONSTRUITS SPÉCIALEMENT POUR LES TOURISTES, DANS LES COLLINES DE LA PROVINCE SUD DU DAKOTA (ÉTATS-UNIS), ET ISOLÉS A L'INSULITE CONTRE LE FROID COMME CONTRE LA CHALEUR.

la condensation. Dans les ateliers humides, on sait que, par condensation au contact des plafonds froids, il se forme des gouttelettes d'eau qui, retombant sur les machines, risquent de les détériorer. Si, au contraire, les plafonds et les toits sont recouverts

LE REMORQUAGE EN HAUTE MER EXIGE UN OUTILLAGE PUISSANT ET UNE TECHNIQUE SPÉCIALE

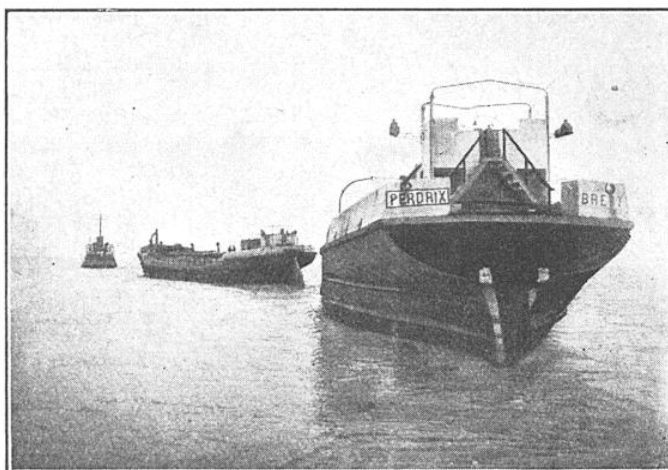
Par Yves LALLOUR

Lorsqu'un navire, incapable de se gouverner, doit être conduit, aux fins de réparations, dans un port pourvu d'un outillage puissant et perfectionné, ou lorsque, inversement, il s'agit d'amener, des chantiers de construction à un port parfois assez éloigné, de grands ouvrages d'art, tels qu'un dock de plusieurs milliers de tonnes (1), il se pose aux techniciens du remorquage en haute mer un problème tout différent de celui du remorquage fluvial. L'état de la mer, la direction du vent, sa force et sa vitesse, la nature et le poids de l'ouvrage à remorquer, sont les facteurs les plus importants dont il est indispensable de tenir compte pour mener à bien une telle opération. Nos lecteurs trouveront ci-dessous des renseignements inédits sur les puissants remorqueurs utilisés, notamment en France, à cet effet et sur les difficultés de leur tâche.

L'influence des conditions météorologi- ques

L'ATTELAGE marin, constitué par un remorqueur et un navire manœuvrant en pleine mer, évolue presque toujours sur une mer agitée, parfois roulant des lames hautes de 5 à 7 mètres, derrière lesquelles remorqueurs et remorqués se perdent mutuellement de vue et ne s'aperçoivent que par intermittence. Par gros temps, l'amplitude et la forme de la houle, la direction du vent, sa force et sa vitesse influent considérablement sur sa marche. C'est en se basant sur ces différents facteurs que le commandant du remorqueur détermine le nombre de tours de l'hélice à indiquer aux machines, la longueur des remorques à filer et, parfois, la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 130, page 321.



REMORQUAGE DES GRANDS CHALANDS EN CIMENT ARMÉ :
« PERDRIX » ET « HOMARD », DU HAVRE À GIJON (ESPAGNE)

Le remorquage des navires en ciment armé est particulièrement délicat, car cette construction est fragile. Leur poids est beaucoup plus considérable, à égalité de tonnage net, que ceux des chalands en bois et leur manœuvre plus difficile. Ce mode de construction n'a pas donné le résultat qu'on escomptait et, aujourd'hui, il est à peu près abandonné.

route à suivre pour aborder les vagues dans les meilleures conditions, tout en ne s'écartant pas trop de la route idéale, tracée à l'avance sur la carte et que l'on pratique d'ailleurs quand le temps est suffisamment maniable.

La décomposition et la nature des remorques

Les amarres sont proportionnées à l'effort de traction du remorqueur;

aussi est-il d'usage que celui-ci fournisse la remorque. Les petits navires emploient de gros filins en chanvre, nommés grellins, ayant une grande élasticité, qualité très précieuse, pour absorber les différences brusques de traction. La remorque des gros navires nécessite l'emploi de fils d'acier, prolongés par des filins en chanvre et parfois par des bouts de chaîne. Le grand poids

de telles remorques provoque parfois une courbure assez prononcée, qui supplée au manque d'élasticité et lui permet de subir sans inconvénient des surtensions.

La longueur totale des remorques peut varier de 100 mètres à 600 mètres, dans certains cas, et le diamètre des câbles en acier de 30 à 36 millimètres ; mais les filins de chanvre atteignent parfois 14 centimètres de diamètre. Il va sans dire que les efforts subis à la traction diffèrent essentiellement suivant les positions respectives du remorqueur et du remorqué sur la houle, soit qu'ils se trouvent simultanément ou l'un après l'autre sur une crête de lame ou dans un creux, soit qu'une embarquée plus ou moins heureuse les jette en travers de la route ou amollit un moment la remorque pour la tendre brusquement la minute d'après.

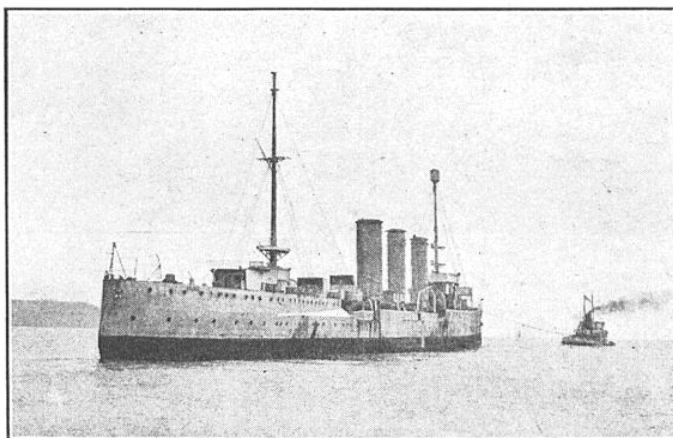
La grosseur des câbles est toujours fonction de la puissance à fournir.

Lors du remorquage du croiseur allemand *Emden*, conduit en 1923, du port de Brest jusqu'à Caen, l'opération fut exécutée par deux remorqueurs, munis chacun d'une remorque composée de 110 mètres de filin « manille » de 115 millimètres de diamètre, prolongée par un filin d'acier de 32 millimètres de diamètre et de 200 mètres de longueur. Les remorqueurs évoluaient eux-mêmes à une centaine de mètres l'un de l'autre, la distance les séparant formant la base d'un triangle isocèle dont le sommet était occupé par le croiseur et dont les côtés mesuraient 310 mètres. On voit que la superficie occupée sur la surface de la mer était considérable.

En décembre 1928, un remorqueur à vapeur de construction récente (*Abeille* n° 22) donnait la remorque dans le port de Brest au croiseur allemand *Colmar* qu'il avait mission de conduire à Dunkerque. Le câble employé se composait de 200 mètres de filin manille de 130 millimètres de dia-

mètre et de 200 mètres de fil d'acier de 36 millimètres de diamètre, soit une longueur totale de 400 mètres entre le croiseur cuirassé et le remorqueur.

Dernièrement, en juin 1929, trois remorqueurs : *Abeille* n° 4, *Abeille* n° 12, *Marie-Madeleine* s'attelaient, en rade de Cherbourg, à un énorme caisson en ciment armé mesurant 21 m. 35 de haut sur 21 mètres de diamètre, qu'il s'agissait de conduire à Diélette. C'était une masse vraiment formidable. Les remorqueurs représentaient respectivement 400 ch, 800 ch et 1.000 ch. La remorque du premier était constituée par 150 mètres



REMORQUAGE DU CROISEUR « COLMAR », DE BREST A DUNKERQUE, EN DÉCEMBRE 1928

Le câble reliant l'arrière du remorqueur et l'avant du remorqué mesurait 400 mètres. Cette photographie montre le croiseur quittant la rade de Brest.

de filin manille de 110 millimètres de diamètre et 50 mètres de fil d'acier de 32 millimètres de diamètre. Celle du second comportait 110 mètres de filin manille de 120 millimètres de diamètre et 100 mètres de fil d'acier de 33 millimètres, et celle du troisième, 50 mètres de filin manille de 115 millimètres de diamètre, plus 25 mètres de fil d'acier de 30 millimètres de diamètre. L'épaisseur des filins est non seulement fonction de la force développée, mais de la longueur de la remorque.

Remorqueurs à moteurs et à vapeur

Les remorqueurs sont de petits navires trapus actionnés par des moteurs Diesel ou des machines alternatives à vapeur.

Les remorqueurs à moteurs présentent des qualités incontestables de propreté, permettant de réduire l'espace réservé à la machine et aux soutes, bénéficiant, d'une manière générale, de tous les avantages des bateaux à pétrole ; cependant, leur présence est exceptionnelle en haute mer, car s'ils manœuvrent plus rapidement que les remorqueurs à vapeur, ils subissent les variations d'allures avec moins de souplesse. Certains constructeurs sont parvenus à atténuer ce défaut par des systèmes de démultiplication adaptés aux Diesel.

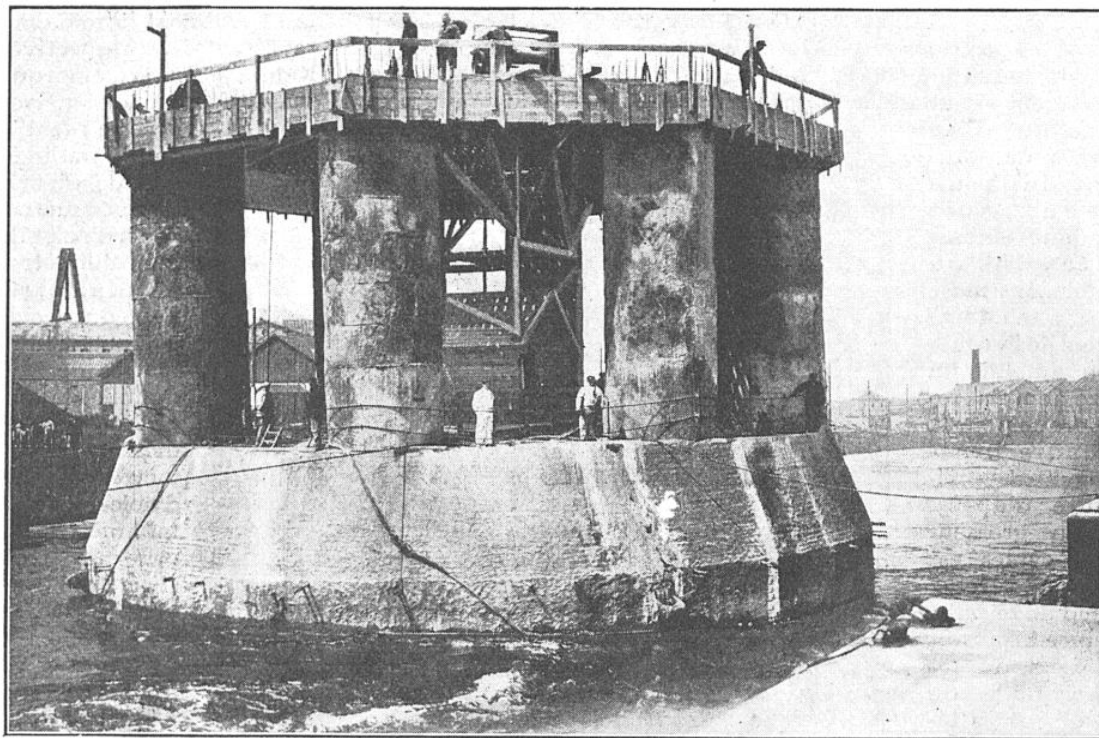
La puissance des moteurs peut atteindre des chiffres très élevés ; ainsi le *Franz-Hamel*, remorqueur allemand de 53 mètres de long et de 8 m 80 de large, possède deux moteurs susceptibles de fournir une puissance de 1.600 ch. Il stationne généralement à l'embouchure du Rhin.

Le remorqueur à vapeur demeure le véritable tracteur marin pour les parcs

les communications optiques peuvent être impossibles par grosse houle.

Les manœuvres de route

Quand le remorqueur a terminé sa manœuvre de prise en remorque du navire qu'il se propose de conduire, on dit que les remorques sont « élongées ». A ce moment, doucement, progressivement, il prend de la

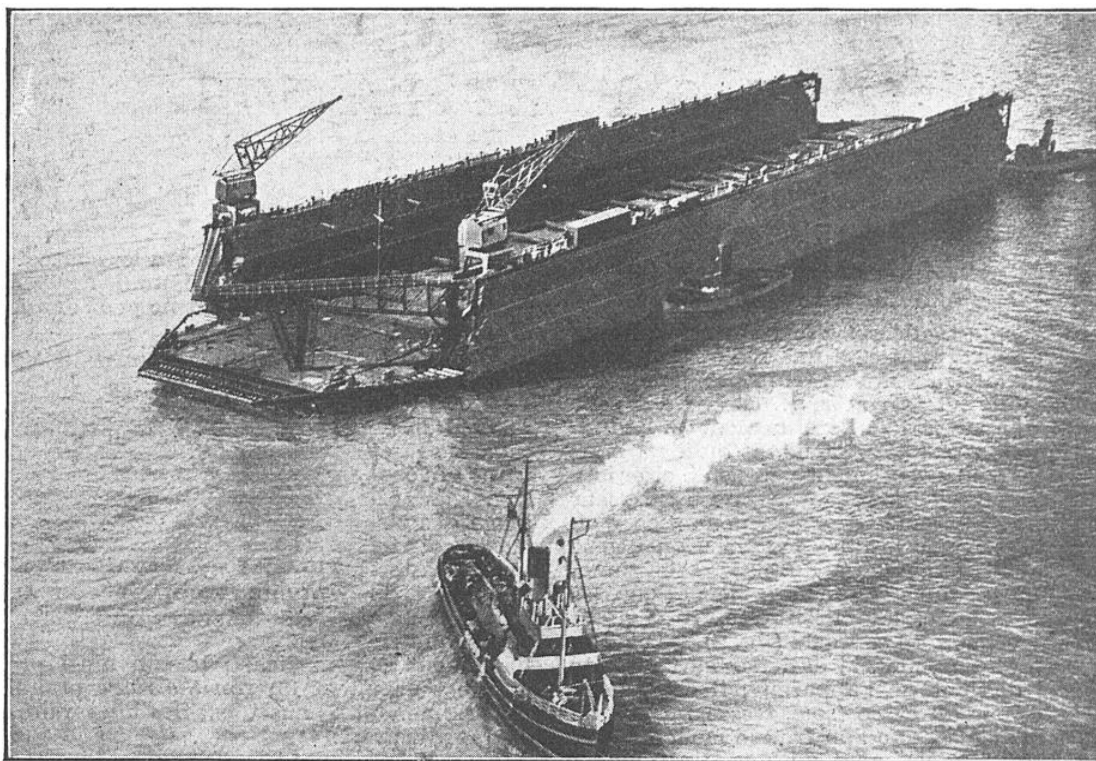


CAISSON CYLINDRE EN CIMENT ARMÉ, REMORQUÉ DE CHERBOURG A DIÉLETTE, EN JUIN 1929

Le remorquage récent de cet énorme caisson en ciment armé est un des exploits les plus remarquables de remorquage. Ce cylindre mesurait 23 m. 50 de hauteur et 21 mètres de diamètre moyen. La forme de cette construction formidable rendait son maniement très difficile et il ne fallut pas moins de trois remorqueurs, d'une puissance totale de 2.200 chevaux, pour l'amener de Cherbourg à Diélette, petit port situé à 25 kilomètres de Cherbourg. Le caisson sert au chargement des bateaux en mer.

effectués au large. Sa silhouette est familière aux passagers des paquebots qui le suivent des yeux avec curiosité à l'entrée et à la sortie des ports. De grands arceaux de fer recouvrent la plage arrière pour éviter les avaries que la remorque, attachée vers le milieu du bateau, à un ou plusieurs crocs à échappement, pourrait produire en se déplaçant pendant les évolutions. Le remorqueur des paquebots possède une machine très puissante, de 800 à 1.500 ch, parfois davantage. Un opérateur de T. S. F. séjourne à bord, en permanence, pour répondre aux appels du navire remorqué, car

vitesse. Le navire remorqué s'est redressé suivant la route et s'applique à gouverner dans le sillage de son matelot d'avant, c'est-à-dire du remorqueur, en prenant soin de tourner dans le plus court espace possible dans ses évolutions, car sa courbe de giration est généralement bien plus grande que celle du remorqueur. Il a toujours avantage à laisser les remorques un peu tendues, car tout accroissement de vitesse de sa part risquerait de provoquer un abordage. Si la mer devient difficile avec des lames courtes et hachées, les remorques s'usent plus rapidement aux points de fric-



UN REMARQUABLE EXEMPLE DE REMORQUAGE EN HAUTE MER EST CELUI DU DOCK FLOTTANT DE 25.000 TONNES, QUI A ÉTÉ EFFECTUÉ DU 24 JUILLET AU 5 AOUT 1927, ENTRE HAMBOURG ET BORDEAUX. (VOIR « LA SCIENCE ET LA VIE », N° 130, PAGE 321)

Trois remorqueurs, un de 4.000 tonnes et deux de 1.000 tonnes, ont amené le dock à l'embouchure de la Gironde. Quatre remorqueurs supplémentaires ont été nécessaires pour vaincre le courant du fleuve.

tions, près des extrémités. On allonge alors légèrement la longueur intermédiaire entre les deux navires. Il peut même arriver que les amarres se rompent, malgré toutes les précautions prises. Tout est à recommencer.

L'étude du remorquage est vraiment très intéressante. Elle permet de résoudre ces deux grands problèmes : la conduite d'un port à un autre d'un navire incapable de se gouverner et le sauvetage des bâtiments en haute mer, quand ils ne sont plus maîtres de leur manœuvre. Dans ce dernier cas, il est de toute nécessité que le bateau

sauveteur puisse se rendre sans délai au secours du naufragé. L'existence de l'un est très souvent fonction de la plus ou moins rapide intervention de l'autre. Aussi est-il désirable, pour l'amélioration de la situation actuelle, de voir entreprendre la construction de nombreux remorqueurs à moteurs Diesel, évitant la tenue en pression continue de petits vapeurs qui séjournent dans les stations côtières, prêts à appareiller au premier signal de détresse d'un navire au large.

YVES LALLOUR.

RETENONS CECI :

Faute d'avoir su adapter son exploitation houillère aux progrès scientifique et technique (1), l'Angleterre subit une crise économique dans son industrie charbonnière; aussi, sa politique actuelle « tourne »-t-elle autour du charbon. C'est tout le programme de la prochaine conférence économique internationale.

(1) V. dans *La Science et la Vie* l'article de M. Chenevier, n° 127, p. 17, sur « La chimie du charbon ».

LA T. S. F. ET LA VIE

Par J. QUINET

INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

Un nouvel instrument de musique radioélectrique

L'APPAREIL décrit ci-dessous, bien qu'il décrive peut-être une réalisation paradoxale, a été construit par nous, il a fonctionné, et le timbre... céleste des sons qu'il donnait a fait l'étonnement et l'admiration d'un grand violoniste (qu'il ne nous est pas malheureusement permis de citer ici).

Cet appareil fonctionne avec un diffuseur à grande puissance que l'on peut placer où l'on veut. Pour le faire marcher, on utilise un clavier, analogue à un clavier de piano, mais où les touches sont remplacées par des contacts. Dans l'appareil cité, il y avait 4 octaves, soit 48 contacts (fig. 2). Ce clavier présente, d'ailleurs, la curieuse particularité d'être distinct de l'appareil ; il est relié à celui-ci par un câble (sous tresse métal), ici à 64 fils isolés, que l'on trouve facilement et dont des modèles analogues servent dans la câblerie de la téléphonie automatique.

Le clavier est disposé sur une traverse de bois, portant deux piques et se plaçant à 45°, comme un violoncelle, entre les jambes de l'opérateur assis (fig. 1). L'extrémité de cette traverse de bois arrive au-dessus de son épaule gauche et présente deux boutons manœuvrables de la main gauche, l'un pour le *forte* ou le *piano* (progressif et lent), l'autre pour faire le *vibrato* et la *voix humaine*, tan-

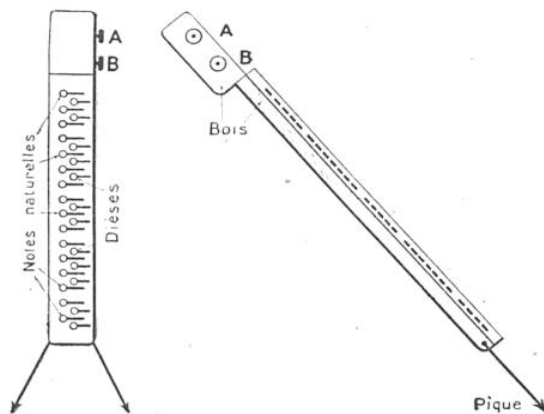


FIG. 1. — VUE DU CLAVIER PORTANT LES TOUCHES A CONTACT

L'appareil se tient comme un violoncelle. En A et B la main gauche agit sur le « forte » et sur le « vibrato ».

dis que la main droite appuie sur les contacts. Malheureusement, cet appareil ne peut jouer qu'une note à la fois et ne peut donner d'accords.

Principe : Dans cet appareil, on a une détectrice à réaction, deux B. F. de puissance et une hétérodyne. Le réglage des circuits est tel qu'il y a interférence et on s'arrange pour que le battement soit musical ; le son ainsi produit est vraiment un son *théorique* produit électriquement ; aussi est-il d'une pureté extraordinaire.

En résumé, on utilise dans cet appareil les... miaulements qui désespèrent les sans-filistes !

On agit ici sur la haute fréquence, en modifiant pour chaque note la capacité fixe placée sur la self-plaque de l'hétérodyne ; en réalité, il y a autant de capacités que de notes au clavier, mais chaque capacité comprend une partie fixe importante (au mica) et une partie variable (à air) nécessaire pour l'accord final des notes.

Afin d'éviter les perturbations produites par l'approche de la main ou autres influences extérieures ou intérieures (déformation des condensateurs, variations des batteries, etc.), il a été nécessaire d'utiliser une très forte longueur d'onde ; celle-ci était d'environ 8.000 mètres, aussi les capacités étaient-elles de l'ordre de 15/1.000^e dont 2 à 3/10.000^e étaient variables et cela pour chaque note séparée. Les selfs *H* de l'hétérodyne (fig. 3) étaient couplées de façon à obtenir des oscillations intenses quoique stables ; elles étaient couplées à environ 20 centimètres de la self d'accord *D* de la lampe détectrice. Celle-ci comportait une réaction *R* découplée le plus possible, mais suffisante pour obtenir des oscillations locales intenses, le tout étant réglé une fois pour toutes.

Il semblait hasardeux et paradoxal de relier 48 condensateurs à 48 contacts placés à distance au moyen d'un câble à 64 fils (de 3 mètres de long dans l'appareil construit) devant être parcourus par du courant de haute fréquence (celui de l'hétérodyne).

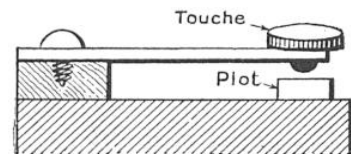


FIG. 2. — DÉTAIL D'UNE TOUCHES FORMANT CONTACT ÉLECTRIQUE

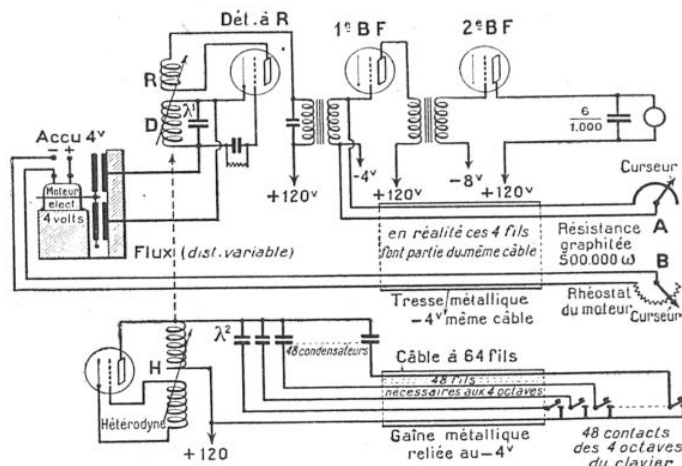


FIG. 3. — SCHÉMA GÉNÉRAL DE MONTAGE DU NOUVEL INSTRUMENT DE MUSIQUE RADIOÉLECTRIQUE

L'expérience a montré que cela était possible moyennant certaines précautions (câble entouré d'une gaine métallique reliée au - 4 volts, accord des notes une fois le montage terminé, et les fils étant placés rigidement, etc.). Cela était d'autant plus délicat que parmi les 64 fils il y en avait 48 pour la H. F., 2 pour une résistance variable au graphite placée aux deux bornes du secondaire du premier transfo B. F., et destinée à faire varier la puissance progressivement, et 14 fils servant (en 2 fois 7 fils) à alimenter un petit moteur électrique de 4 volts par une résistance manœuvrée par la main gauche de l'opérateur. Ce moteur électrique, qui en réalité était alimenté par un accu de 4 volts différent de celui des lampes (pour ne pas faire baisser leur tension au moment du démarrage) avait pour but de produire le *vibrato* et la *voix humaine*, de la façon suivante : sur son axe était placé un moulinet de deux pales métalliques, reliées par un fil et perpendiculaires à l'axe, qui tournaient à 3 millimètres environ de deux autres pales métalliques fixes, parallèles, et isolées l'une de l'autre, chacune d'elle étant reliée à l'un des pôles du condensateur du circuit λ^1 de la lampe détectrice.

En tournant, les deux pales mobiles faisaient varier d'une très faible quantité, en s'approchant et s'éloignant des pales fixes, la capacité du circuit récepteur ; la longueur d'onde variait donc d'une valeur infime, suffisante pour donner un son tremblé.

La vitesse de ce moteur était rendue variable à distance par le rhéostat B, et l'impression de la voix humaine était facile à obtenir.

Ajoutons que l'une des pales mobiles était légèrement plus lourde que l'autre, de telle façon qu'à l'arrêt son poids ramenait ces deux pales mobiles à la verticale ; elles n'avaient plus d'influence sur les deux pales fixes qui, contrairement au dessin, étaient placées dans un plan horizontal.

L'emploi de cet appareil, pour une personne connaissant déjà le clavier du piano, était instantané, et l'emploi du *vibrato* ou du *forte* par les deux manettes de la traverse ne demandait que quelques minutes.

Le montage de cet appareil a exigé un peu de patience, mais, une fois terminé, l'accord était facile.

L'accord se conservait plusieurs heures, même après extinction des batteries ; le lendemain, l'accord était détruit, mais il est probable

qu'avec un appareil bien rigide et construit sérieusement, au lieu d'être bricolé comme celui que nous avons construit, il y a quelques mois déjà, l'accord se serait maintenu plus longtemps.

La puissance peut être celle que l'on veut, étant donnée la technique actuelle des amplificateurs et des haut-parleurs.

On peut concevoir enfin que cet appareil musical puisse être commandé à distance sans fil, l'opérateur et son clavier étant à Paris et le récepteur à New York, par exemple, le clavier servant à moduler la longueur d'ondes d'un poste émetteur de *télégraphie*.

Si, enfin, on utilise à la réception des relais acoustiques ou électriques *sélectifs*, on conçoit que l'on puisse faire *musicalement* de la... télémechanique ; ainsi, un individu agissant sur un clavier à Paris pourrait produire toutes sortes d'opérations mécaniques à toute distances.

Il semble même que l'imagination ait là matière à s'exercer !

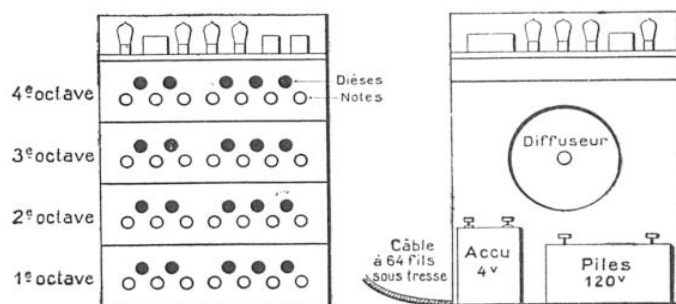


FIG. 4. — ENSEMBLE DE L'APPAREIL MUSICAL RADIOÉLECTRIQUE

A gauche, verso montrant le panneau portant les petits condensateurs variables à air, classés par octave ; à droite, recto montrant la disposition intérieure des appareils.

Un moyen curieux de produire des oscillations électriques et ce qui s'en suit...

On ignore, en général, que l'on peut arriver à engendrer des oscillations électriques sans étincelle, sans éclateur, sans arc, sans lampe, sans alternateur, sans contact imparfait, c'est-à-dire presque.. sans rien, simplement avec une bobine et une simple tige d'acier, en utilisant les vibrations mécaniques longitudinales qui prennent naissance dans une telle barre, fixée solidement par son milieu, quand on lui donne un choc à une extrémité.

Le choc produit suivant l'axe de la barre fait vibrer celle-ci longitudinalement (fig. 5) ; ses deux extrémités s'éloignent et se rapprochent du centre (de quelques microns) à une fréquence qui est, en général, audible avec une tige longue et mince, *mais qui devient inaudible* avec une barre courte et dont le diamètre n'est plus négligeable par rapport à sa longueur.

On peut d'ailleurs, frotter, simplement l'extrémité d'une tige encastrée par son milieu et même prendre une tige de bois ! Ainsi avec des tiges de bois durs de 10 centimètres de long et 3 millimètres de diamètre, on a une fréquence de 17.000. Pour 4 centimètres de longueur, on aurait une fréquence de 42.000. Une tige d'acier de 8 millimètres et de 2 mètres de long donnerait une fréquence de 1.200.

On conçoit, et l'expérience le vérifie, que si la longueur diminue, la fréquence augmente ; ainsi avec une barre cylindrique d'acier, encastrée en son milieu, on peut obtenir des vibrations mécaniques inaudibles, dont la fréquence atteint *plusieurs dizaines de milliers par seconde*.

Or, une telle barre vibre dans le champ magnétique terrestre (on peut, d'ailleurs, prendre une barre aimantée) ; il suffit donc de placer en bout, et perpendiculairement à l'axe de la barre, une bobine fixe, placée à faible distance, pour que, par induction, cette bobine, placée dans un champ magnétique de haute fréquence, soit parcourue par des courants oscillants de haute fréquence. On peut ainsi constituer un émetteur en reliant cette bobine à une terre et une antenne (fig. 6).

L'émetteur ainsi constitué a une énergie faible, et pour savoir qu'il émet des ondes (plus exactement un train d'ondes amorties à chaque choc), il suffit de les recevoir avec un récepteur voisin, accordé sur la même longueur d'onde, qui est grande, d'ailleurs.

L'expérience a été faite.

Il y a ceci de curieux que l'on peut obtenir des harmoniques, et on peut, par exemple, constituer un circuit accordé sur la longueur d'onde du deuxième harmonique de la vibration de la barre. On pourrait même aller plus loin dans le rang des harmoniques et obtenir des longueurs d'onde courante.

On sait, d'autre part, que la magnétostriction consiste dans le fait, pour une barre aimantée, de varier de longueur sous l'influence d'un champ magnétique variable (il s'agit toujours de microns).

Par exemple, pour une tige d'acier de 10 centimètres, on a pu mesurer, par la méthode des bras de levier agissant sur un miroir, une variation de longueur de 300 microns.

Le fer s'allonge dans les champs faibles et se contracte dans les champs intenses, et pour le nickel, il y a une contraction croissante pour des champs élevés.

Si le champ change de sens, les dilatations deviennent des contractions, et le phénomène est réversible. Ainsi, une tige courte, exécutée comme nous l'avons dit plus haut, émet une fréquence fondamentale fixe, qui ne dépend que de sa longueur. C'est

un étalon de fréquence (pour une température constante), c'est un *stabilisateur de fréquence* qui peut jouer le rôle d'un quartz stabilisateur et qui peut être employé économiquement par les amateurs.

Il suffit d'entretenir les oscillations de ce... faux quartz. Cela est facile avec une lampe, en utilisant les deux phénomènes ci-dessus : une

des extrémités de notre barre vibre à l'intérieur d'une bobine intercalée dans la plaque d'une lampe, l'autre extrémité vibre à l'intérieur d'une bobine intercalée dans la grille, et,

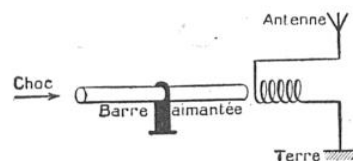


FIG. 5. — SOUS L'ACTION D'UN CHOC, UN COURT BARREAU D'ACIER AIMANTÉ VIBRE LONGITUDINALEMENT ET INDUIT DES COURANTS H. F. DANS UN CIRCUIT VOISIN

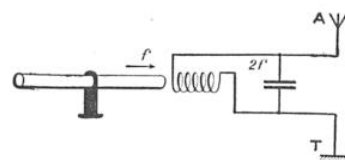


FIG. 6. — INDUCTION PRODUITE DANS UN CIRCUIT OSCILLANT ACCORDABLE, DONNANT DES COURANTS ÉLECTRIQUES H. F. AU MOYEN D'UN BARREAU D'ACIER AIMANTÉ, VIBRANT MÉCANIQUEMENT À SA FRÉQUENCE PROPRE

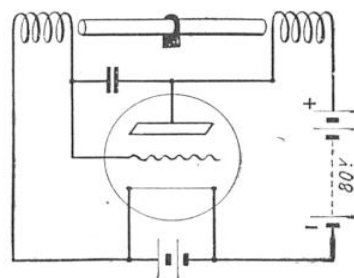


FIG. 7. — LE FAUX QUARTZ
Un stabilisateur de longueur d'onde par la magnétostriction.

d'autre part, la grille et la plaque sont couplées par un condensateur. Si le sens des bobines est tel qu'elles agissent en additionnant leur effet sur les extrémités différentes du barreau, les oscillations électriques du circuit et mécaniques de la barre, non seulement s'entrelient, mais ont leur fréquence absolument stabilisée. En effet, la bobine grille agit magnétiquement sur le bout de la tige (choc magnétique) ; l'autre bout suit le mouvement, et la bobine plaque réagit à son tour dans un sens convenable (fig. 7).

On peut, d'ailleurs, par ce système, créer des ondes de fréquences musicales, si la fréquence de la barre est assez faible.

Pour transmettre ces oscillations stabilisées, on peut, par exemple, relier le point A à un circuit oscillant placé sur la grille d'une autre lampe, alimenté par les mêmes batteries, et amplifier ces oscillations comme on le fait actuellement dans les postes émetteurs stabilisés par quartz.

On a constaté que les ferro-nickels et surtout le nichrome sont de bons alliages pour l'emploi exposé ci-dessus ; il faut, en effet, des métaux ayant un

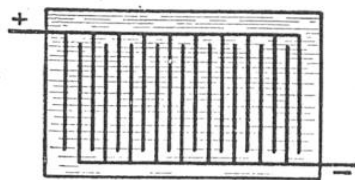


FIG. 8. — CONDENSATEUR ÉLECTROLYTIQUE

coefficient de dilatation presque nul.

Une variation de tension de la pile de plaque de 135 à 70 volts change la fréquence de moins de $1/30.000^e$ de sa valeur, pour un alliage fer-cobalt ; la même variation est obtenue pour une variation du chauffage allant de 0 à sa valeur maximum. C'est remarquable, et beaucoup d'applications n'en demandent pas autant.

Dans le cas de la figure 6, on pourrait entretenir la vibration mécanique de la barre en frottant régulièrement son extrémité avec... un archet de contrebasse ! C'est un cas assez curieux de transformation d'énergie. Peut-être sera-t-il utilisé, dans l'avenir, par les musiciens sans orchestres, quand les progrès de la radio seront devenus... exagérés !

Les condensateurs électrolytiques et électrochimiques

DEPUIS quelque temps, on voit apparaître sur le marché de la T. S. F. de nouveaux condensateurs, fixes à très forte capacité, de l'ordre de 1.000 et même 10.000 microfarads sous un très petit volume.

Ce sont des condensateurs électrolytiques et électrochimiques. Les premiers sont à liquide et les seconds sont sans liquide. Ils sont constitués par deux électrodes d'aluminium aussi pur que possible. Pour les premiers, elles plongent dans un liquide orga-

nique, acide citrique ou, mieux, solution d'acide picrique. Naturellement, les deux électrodes sont aussi rapprochées que possible, le liquide formant l'isolant, autorégénérable, d'ailleurs, en cas de claquage. On suppose qu'il se forme à chaque alternance, sur la plaque où se dégage l'oxygène (ou une substance oxydante), une mince pellicule isolante d'alumine.

On arrive ainsi, dans des bacs de la grandeur d'un accu ordinaire, à obtenir des capacités de l'ordre de 1.000 et 2.000 microfarads tenant la tension jusqu'à un maximum de 30 volts environ. Ce voltage dépend, d'ailleurs, de la nature du corps chimique dissous.

Pour les condensateurs électrochimiques, il n'y a plus de liquide ; on prend deux longues bandes d'aluminium aussi minces que possible, et l'une d'elles reçoit un traitement chimique approprié qui altère la nature de sa surface, en formant sur chacune de ses faces une pellicule ultra mince d'alumine. On roule les deux bandes l'une contre l'autre et aussi serrées que possible. On obtient ainsi un condensateur dont l'isolant est très mince, d'où

une capacité formidable atteignant 10.000 microfarads sous un petit volume, mais ne résistant qu'à quelques volts (de 4 à 10). Il y a lieu de remarquer que les deux faces de la lame altérée chimiquement agissent à la fois.

Ces condensateurs, par suite de leur énorme capacité, s'utilisent actuellement dans les filtres des appareils d'alimentation directe sur l'alternatif, en particulier pour filtrer les courants redressés servant au chauffage.

Ces condensateurs ont, d'ailleurs, une force contre-électromotrice, et, à l'envers des condensateurs ordinaires, ils absorbent un certain courant, c'est-à-dire que quelques millis les traversent ; il y a donc lieu de veiller à tout cela lors de leur emploi.

Ces appareils, fort intéressants, d'ailleurs, n'ont pas dit leur dernier mot, et il est curieux de voir ainsi la chimie venir apporter une aide nouvelle et inattendue à la radio ; c'est une preuve de plus de... l'interconnexion des sciences.

J. QUINET.

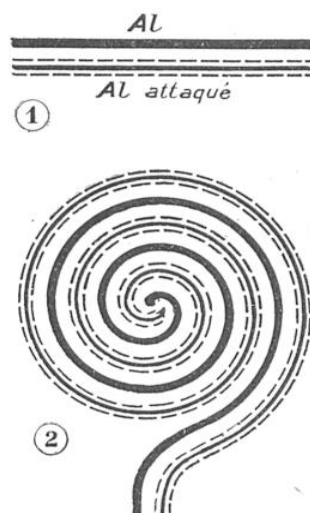


FIG. 9. — LES LAMES DU CONDENSATEUR ÉLECTROCHIMIQUE (1) SONT ENROULÉES (2)

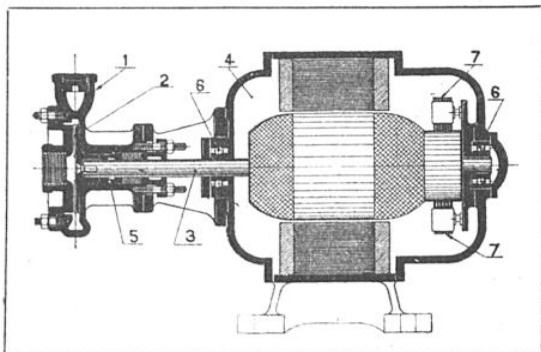
MILLE LITRES A L'HEURE AVEC UN MOTEUR D'UN DEMI-CHEVAL

La diffusion de l'électricité à la campagne a mis en valeur tous les bienfaits que l'on était en droit d'attendre de l'utilisation d'une énergie aussi souple et aussi pratique. La distribution domestique de l'eau, notamment, l'arrosage sont aujourd'hui faciles à assurer grâce aux groupes motopompes en usage, d'un entretien à peu près nul et de fonctionnement vraiment économique. C'est ainsi que l'on peut maintenant, avec une puissance très réduite, obtenir un débit d'eau relativement considérable.

« L'Electrobloc » représenté ci-dessous, par exemple, mû par un petit moteur électrique de 0 ch 5, peut fournir 1.000 litres d'eau à l'heure. Il se compose d'une pompe centrifuge monocellulaire en bronze inoxydable, dont la roue tournant sans frottement à l'intérieur du corps de pompe, est montée directement sur l'arbre du moteur. Le coussinet intérieur à la pompe est très largement calculé et construit en bronze spécial auto-lubrifiant par l'eau pompée, ne nécessitant donc pas de graissage.

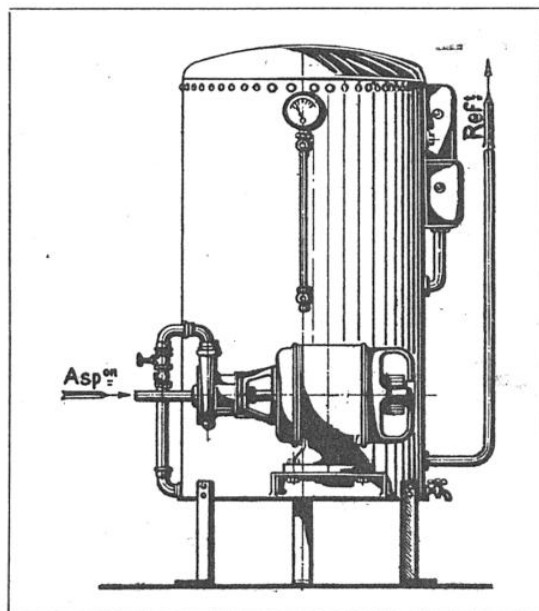
Le moteur, du type monophasé à collecteur, fonctionne sur courant lumière 110 ou 220 volts 50 périodes. Sa consommation est de 5 ampères sous 110 volts et de 3 ampères sous 220 volts. Monté sur roulements à billes, il ne nécessite que quelques gouttes d'huile chaque mois. Ses charbons spéciaux assurent une excellente commutation.

Il est évident que l'absence de tout frotte-



COUPE DE « L'ÉLECTROBLOC »

1, corps de pompe ; 2, roue ; 3, arbre ; 4, moteur ; 5, coussinet ; 6, roulement à billes ; 7, charbons.



« L'ÉLECTROBLOC » MONTÉ AVEC RÉSERVOIR A PRESSION

ment intérieur (puisque, d'une part, le rotor du moteur ne touche pas le stator et que, d'autre part, la roue de la pompe n'a aucun contact avec le corps fixe) élimine toute cause d'usure et de bruit désagréable. L'eau circule d'une manière continue, sans choc, sans coup de bélier et sans aucune surpression dangereuse, même en cas de fermeture brusque du refoulement. La hauteur d'élévation manométrique totale de l'eau est de 20 mètres, la hauteur d'aspiration maximum est de 7 mètres.

L'emploi d'un tel groupe est tout indiqué soit pour l'arrosage, soit pour les distributions d'eau à la maison. Le groupe peut alors être conjugué avec un réservoir de charge installé au grenier ou avec un réservoir sous pression au sous-sol.

Dans les deux cas, il est extrêmement facile de réaliser la commande automatique du groupe, soit au moyen d'un flotteur (réservoir de charge) commandant l'arrêt ou la marche du moteur, soit par un contacteur manométrique (réservoir sous pression) agissant par différence de pression.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Le salaire-prime « Rowan » et ses modulations

L'essor industriel de notre époque dépend, non seulement du perfectionnement de l'outillage, mais aussi de l'entente entre le capital et le travail dont le trait d'union est le salaire.

Le salaire fixe n'intéressant pas la main-d'œuvre aux bénéfices de l'industrie est de plus en plus délaissé.

Pour l'obtention de pièces en séries, le salaire aux pièces serait le plus équitable s'il pouvait être accompagné d'une économie égale d'usure de la machine, de dépense de force motrice, etc.; mais, au contraire, certains de ces facteurs sont même en raison directe de la vitesse de fabrication, par exemple les risques d'obtention de pièces défectueuses, de bris des machines, d'accidents, d'usure prématurée des machines-outils, etc...

Le salaire « Rowan » fut créé pour obvier à ces inconvénients en transformant en pourcentage l'économie de temps réalisée. Exemple : un mécanicien a exécuté en huit heures un travail pour lequel il lui était alloué dix heures : son salaire sera augmenté de 20 % environ.

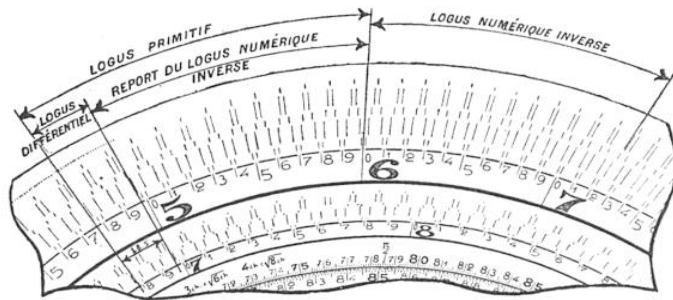
S'il a économisé la moitié du temps alloué, son salaire sera majoré de 50 % ; s'il a économisé 80 %, son salaire sera majoré de 80 %. Mais, à ce taux élevé, s'il continuait de travailler sans arrêt, il ferait, dans le temps total alloué, un nombre de pièces huit fois plus grand et l'application du salaire aux pièces lui allouerait donc un salaire 8 fois plus grand.

La différence entre le salaire aux pièces et le salaire « Rowan », très minime pour une économie de temps minime, s'accroît donc, au contraire, dans de très grandes proportions, lorsque l'économie augmente.

Il s'ensuit donc une incertitude pour l'exécutant de ne pas profiter de tout son effort, et, d'autre part, l'organisateur du travail est obligé de partir d'un prix de base plus élevé pour obvier au manque de souplesse du système. Le résultat est donc nuisible pour le capital et le travail, et le salaire-prime « Rowan » ne porte réellement ses fruits que dans un nombre restreint d'applications. Or le calculateur « Logz », inventé et mis au point par M. Appoulot, et que nous avons décrit page 345 de notre n° 148, permet, par son extrême souplesse arithmétique, un grand nombre de modulations du salaire « Rowan » qui semblent combler parfaitement cette lacune industrielle si importante.

Rappelons brièvement que l'une de ses aiguilles appelée *a* est montée à friction sur l'autre appelée *A*, de telle sorte que si l'on tourne *a*, *A* ne bouge pas ; mais, si l'on

tourne *A*, celle-ci entraîne *a* en conservant rigoureusement l'angle disposé entre les aiguilles. Les divisions sont logarithmiques, c'est-à-dire effectuent des multiplications par la simple addition de leurs longueurs (pour multiplier 4 par 6, on ajoute simplement la distance de 1 à 4 à



VUE PARTIELLE DU « LOGZ » QUI PERMET D'OBTENIR RAPIDEMENT ET FACILEMENT DE NOMBREUSES MODULATIONS DU SALAIRE-PRIME « ROWAN »

la distance de 1 à 6) et il n'y a besoin d'aucune mathématique pour se servir du « Logz ».

L'angle formé par les deux aiguilles conserve donc toujours un même rapport entre deux nombres indiqués par ces aiguilles, à n'importe quel endroit où l'on arrête celles-ci sur le cadran. Cet angle est appelé « Logus » et il s'applique de plusieurs manières différentes assez simples pour obtenir les différents calculs.

Décrivons le calcul initial du salaire « Rowan », et nous continuerons la description par les modulations.

On a accordé six heures pour un certain travail avec un salaire de base de 2 fr 85. L'ouvrier a accompli ce travail en 4 h 46 m. (Les 46 minutes se traduisent en 100^e

d'heure par une division par 6, soit 77 centièmes d'heure.) On obtient le salaire de base total en multipliant 285 par 477 (temps réel), soit 13 fr 60.

Ensuite, on prend le « logus » de la prime : on place A sur 6 (temps alloué) et a sur 477 (temps réel). On lit, entre les deux aiguilles, cent vingt-trois divisions interceptées.

On compte cent vingt-trois divisions à partir du 6 en sens contraire, ce qui donne 723, et l'on place a sur ce nombre. Cet angle formé par les deux aiguilles ne sera plus modifié et constitue le « logus » de la prime. Il donne six renseignements :

Appliqué en plus sur 285 (salaire horaire de base), c'est-à-dire A sur 285, l'aiguille a indiquera le salaire horaire primé, soit 3 fr 433. On lit entre les deux aiguilles, par une méthode spéciale, la prime horaire : 57 cent 3.

On place le « logus » en plus sur 1360 (A sur 1360) et on lit sur a le salaire total primé : 16 fr 40. Entre les aiguilles, on lit la prime totale : 2 fr. 80.

On place le « logus » en plus sur le 1 (au départ de l'échelle, A sur le 1) et l'on lit sur a que le prix de base du salaire fut majoré de 20,5 %. On place le « logus » en moins sur le 1 (a sur le 1) et l'on lit sur A que la prime représente 18 % du salaire payé. Replaçons maintenant le « logus » en moins sur 6 (a sur 6) ; A indiquera alors 497,5.

Replaçons a sur 477 (temps réel) et nous avons formé ainsi un nouveau « logus » qui représente la différence « calculatrice » entre le temps *salaire aux pièces* et le temps *salaire « Rowan »*.

En appliquant ce « logus » différentiel en moins sur le 1 à la base de l'échelle A sur le 1, on lit sur a que l'économie fut de 4,3 %, ce logus indique donc que la différence entre le salaire aux pièces et le salaire « Rowan » fut de 4,3 %, et si cette différence, ici minime, prend plus d'importance, on pourra la moduler par les méthodes suivantes, permettant un salaire-prime plus attirant pour l'exécutant et départageant beaucoup mieux les intérêts de chacun qui sont la production la plus économique effective. Or, si nous prévoyons un « plafond » maximum possible de seulement $1/7$ du temps prévu au lieu de $1/100^e$ ou même $1/1000^e$ dans le salaire « Rowan », jamais atteint, nous obtiendrons un maximum possible de salaires qui se traduirait par sept fois le salaire initial dans le salaire aux pièces, et 1,7 fois ce salaire dans le « Rowan ». Entre ces deux nombres peuvent exister de grandes variations, et l'on peut, en moyenne, rendre possible une augmentation de trois à quatre fois le salaire initial si tous les intérêts sont accordés :

1° Agrandissons ce « logus » différentiel pour l'amener dans la proportion simple de 4 à 6. Portons ce logus « en plus » sur le 1 à la base de l'échelle (a sur le 1) et nous lisons sur A que le « logus » constitue une majoration de 50 % du salaire « Rowan ».

Par un simple déplacement de a , on peut enlever 10, 12, 13 %, etc., représentant les augmentations de frais généraux. Ensuite, on peut diviser le reste par un nombre quelconque pour la part de chacun ;

2° En considérant la mantisse logarithmique qui est l'échelle directement en dessous de l'échelle supérieure de la figure, nous découvrons 18,5 divisions pour le logus différentiel (il y aurait 176 divisions pour le logus de 4 à 6 supposé). A partir de ces 18,5 divisions, nous pouvons calculer des variations « en puissance » de ce logus, c'est-à-dire que l'on pourra réserver la puissance 0,33 pour certains frais supplémentaires, ou, au contraire, attribuer un certain nombre comme bonification ;

3° Le « logus » même de la prime peut servir de base pour donner une surprime à prendre sur le « logus » différentiel. En le reportant en plus ou en moins sur le 1, on le pourcentage à volonté. Enfin, comme avec l'image réalisée des logus de prime, on ne risque plus du tout de salaires non commerciaux, on peut partir d'une base plus faible permettant d'exagérer la mobilité même du salaire et de rendre celui-ci infiniment plus adapté aux particularités industrielles et plus attrayant pour chacun, puisque l'on ne va plus du tout à l'aventure.

Ces manœuvres de l'appareil, qui peuvent paraître compliquées, sont cependant excessivement faciles à réaliser et très rapides, même par des non mathématiciens.

Pour éviter les accidents aux passages à niveau

LA rubrique des accidents de chemins de fer est malheureusement trop souvent alimentée par le compte rendu de collision, résultant du croisement à niveau de la route et du rail. Théoriquement, il est évident que cette éventualité ne devrait pas se produire, puisqu'un garde-barrière est chargé de fermer le passage lorsqu'un train est annoncé. Dans la pratique, cette sécurité s'est montrée insuffisante, et on sait que de nombreux dispositifs ont été proposés pour remédier à l'état de choses actuel. En effet, qu'une voiture engagée entre les deux barrières tombe en panne et cela suffit pour que le danger soit imminent (accident survenu en septembre 1929 près du Creusot) ; que le garde-barrière n'entende pas le signal annonçant le train, et la collision est possible (accident d'octobre 1929 près de Pontoise). Or, si, dans ce dernier cas, le garde-barrière est responsable, il ne peut être inculpé de négligence dans le premier. Le mécanicien peut-il, lui, éviter l'accident dû à un malheureux concours de circonstances ? Evidemment non, puisque le règlement lui prescrit simplement de siffler à l'approche des passages à niveau, sans qu'aucun ralentisse-

ment soit envisagé. Aussi a-t-on proposé, à différentes reprises, la suppression pure et simple des passages à niveau. Solution radicale, certes, mais combien onéreuse !

Parmi les dispositifs qui ont fait l'objet de demandes de brevets, en voici un qui paraît résoudre le problème sans entraîner à des dépenses exagérées.

Le but de l'inventeur, M. Berger, est simplement de compléter la signalisation existant sur les lignes ferroviaires par des signaux faisant connaître aux mécaniciens si les barrières du passage à niveau sont ouvertes ou fermées. Dans le premier cas, la voie est libre; dans l'autre, elle ne l'est plus. Cette signalisation serait, d'ailleurs, complétée par une autre, complémentaire, installée sur la route : barrière ouverte, route libre; barrière fermée, route barrée.

Le schéma ci-contre permet de suivre le dispositif. Le signal 1 est situé sur la voie ferrée à une distance convenable du passage à niveau. Il se compose d'un disque vert et rouge éclairé si la voie n'est pas libre, obscur si tout est normal (barrières fermées). C'est le signal de ralentissement. Le mécanicien, prévenu, trouve ensuite, à proximité du passage à niveau, le disque d'arrêt, éclairé en rouge (lampe 2) ou en blanc si la voie est libre (lampe 3).

Sur la route, on retrouve des signaux 4 et 6. Le premier, feu vert, avertit que la barrière est fermée; le deuxième, feu rouge, commande l'arrêt.

Tout cela n'est, évidemment, intéressant que si la commande des lampes est automatique. M. Berger résout ce problème au moyen d'un commutateur très simple commandé par la manœuvre même de la barrière 5. Ce commutateur 7 allume les lampes 1 et 2 en même temps qu'il éteint 3, 4 et 6, et inversement éteint 1 et 2 quand il allume 3, 4 et 6. Pendant le jour, le courant est coupé par un interrupteur.

Cette signalisation serait complétée par un porte-pétards 8 commandé par la barrière, en même temps que la manœuvre des disques pendant le jour.

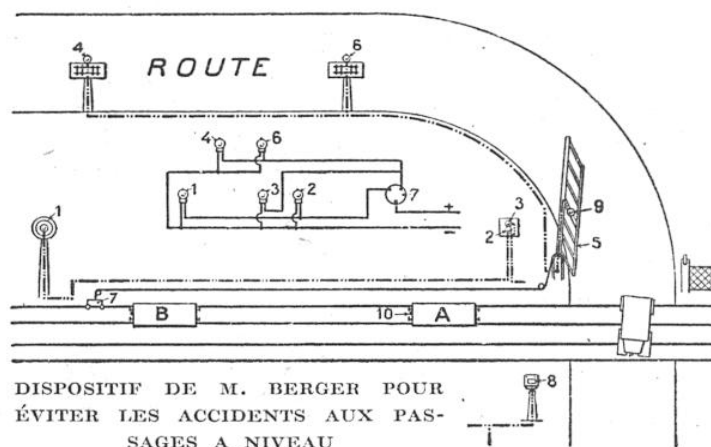
Ainsi le train A s'est arrêté devant le signal d'arrêt; un train B, survenant, ralentira à

la vue du signal 1, puis s'arrêtera en voyant la lanterne rouge 10 arrière du train A.

Une sonnerie électrique 8, commandée à distance par le train lui-même, prévient le garde-barrière de son prochain passage.

Ce système, facile à installer, semble donner une sécurité complète. Toutefois, il nous paraît que la voie libre, pour le train, devrait être signalée en 1 par un feu blanc et non par une simple extinction de la lampe. Il peut, en effet, arriver que cette lampe soit grillée et, dans ce cas, le mécanicien croira la voie libre, alors qu'elle ne l'est pas. Il est bien facile de remédier à ce point de détail.

Ce système, d'une installation facile, a le mérite de laisser à chaque agent toute sa responsabilité en cas d'accident.



DISPOSITIF DE M. BERGER POUR ÉVITER LES ACCIDENTS AUX PASSAGES A NIVEAU

1, 2, 3, signaux sur la voie; 4, 6, signaux sur la route; 5, barrière; 7, commutateur; 8, sonnerie; A, B, rames arrêtées.

La montre de l'avenir

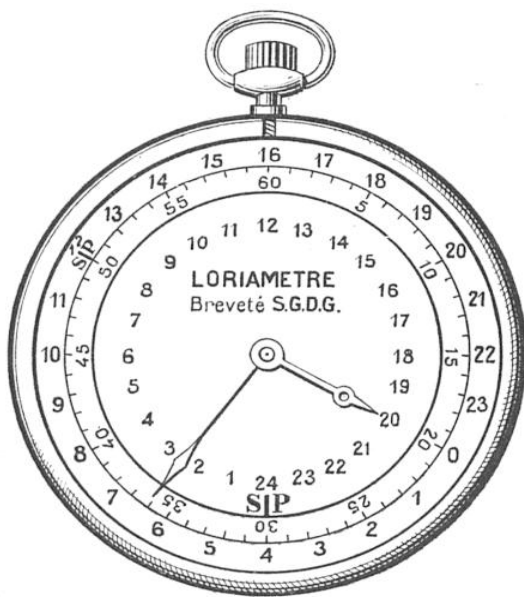
DANS notre n° 144, p. 517, nous avons montré comment le Loria-mètre, petit appareil de poche, permettait de trouver instantanément l'heure et le jour de n'importe quel point du globe, connaissant l'heure locale.

Ce petit problème devient de plus en plus à l'ordre du jour, avec le développement sans cesse croissant de la rapidité des relations internationales, de la T. S. F. Ainsi, pour rendre encore plus pratique son dispositif, l'inventeur a pensé à l'appliquer sur une montre ordinaire, qui donne, en même temps que l'heure locale, l'heure de tous les points du globe.

Rien n'est changé à l'aspect de la montre, pas plus qu'à son mécanisme. Tout au plus est-il nécessaire de prévoir une insignifiante modification à l'extrémité intérieure de l'axe du remontoir.

Sur le cadran, les heures sont marquées de 1 à 24, ce qui n'est pas nouveau; mais sur un cercle extérieur, dit « cercle des fuseaux », sont inscrits en rouge les vingt-quatre fuseaux horaires du globe, de 0 à 23. Ce cercle, distinct du cadran lui-même, peut tourner autour du centre. Pour obtenir ce mouvement, il suffirait d'utiliser le sens de rotation du remontoir, dans lequel celui-ci tourne à vide.

On sait que toutes les localités d'un même



LA MONTRE QUI DONNE EN MÊME TEMPS
LES HEURES DE TOUS LES POINTS DU GLOBE
EN FONCTION DE L'HEURE LOCALE

fuseau horaire ont la même heure et que, d'un fuseau à l'autre, la différence est d'une heure. La France, l'Angleterre, la Belgique, l'Espagne, le Portugal, l'Algérie, etc., sont dans le fuseau 0 ; l'Allemagne, l'Italie, etc., sont dans le fuseau 1.

Si donc il est 20 h 36 dans le fuseau 0, il est 21 h 30 dans le fuseau 1, etc. Le nombre de minutes ne varie pas.

En amenant le fuseau 0 devant le chiffre des heures indiqué par la petite aiguille (ici 20), on lira, en face du numéro du fuseau correspondant à la localité intéressée, l'heure exacte de cette localité. Bien entendu, si on ne se trouve pas dans le fuseau 0, c'est le numéro du fuseau où l'on est qu'il faut amener devant la petite aiguille. Il ne paraît d'ailleurs pas impossible de faire tourner le « cercle de fuseaux » en même temps que la petite aiguille, de sorte que, constamment, le numéro du fuseau où l'on est soit en face de l'heure.

Mais on sait que le jour n'est pas le même sur toute la surface de la Terre. Deux jours consécutifs se partagent cette surface. On voit, en effet, que s'il est 20 h 36 dans le fuseau 0, il est 2 h 36 du jour suivant dans le fuseau 6. Les repères *S* et *P* permettent de trouver immédiatement ce jour. Pour tous les fuseaux situés entre les lettres *S* de repères marqués sur le cadran et sur le « cercle de

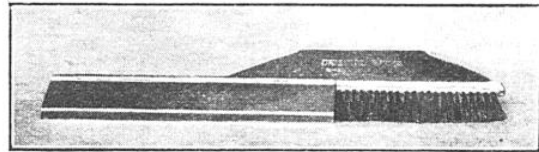
fuseaux » (en face le fuseau 12), le jour est le suivant de celui où on se trouve. Si on habite dans un fuseau situé entre les deux *S*, les heures des fuseaux placés entre les deux *P* correspondent au jour précédent.

Ajoutons qu'une liste alphabétique de pays et villes donne le numéro du fuseau auquel ils appartiennent.

Une brosse bien peu encombrante

Le développement constant du désir de voyager a fait naître toute une série d'accessoires de toilette peu encombrants, qui peuvent se placer dans le sac de Madame comme dans la poche de Monsieur. Parmi eux, la brosse à habits n'avait guère subi de modifications et restait encore assez volumineuse. Cependant elle ne devait pas tarder à suivre le sort commun et, aujourd'hui, elle a revêtu la forme la plus mince qui soit compatible avec la bonne exécution de l'office dont elle est chargée.

La brosse-pochette, représentée ci-dessous, se compose, en effet, d'une seule rangée de soies fixées à une sorte de poignée nickelée. La base de cette poignée porte une rainure qui lui permet de coulisser dans la glissière ménagée dans une gaine en métal nickelé qui protège les soies. Ainsi cette brosse se met



CETTE BROSSE EXTRA-PLATE SE MET AISÉMENT DANS LA POCHE

aisément dans une poche ou dans un sac.

Il semblerait que cette diminution d'épaisseur soit réalisée au détriment des qualités de la brosse. Il n'en est rien, et on est étonné de constater que cet appareil nettoie aussi bien qu'une brosse beaucoup plus volumineuse.

V. RUBOR.

Adresses utiles pour les « A côté de la science »

Calculateur « Logz » : M. GLATZ, 41, rue de Poitou, Paris (3^e).

Dispositif de sécurité pour passages à niveau : M. BERGER, 27, rue de Saint-Mandé, Montreuil (Seine).

La montre de l'avenir : M. J. LORIA, Quarantaine n° 722, Izmir (Smyrne), Turquie.

Brosse de poche : M. MARLIN, 31, rue de Pali-Kao, Paris (20^e).

**LA SCIENCE ET LA VIE est le seul magazine
DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE**

LA PAGE « NITROLAC »

C^{IE} INTERNATIONALE DES WAGONS-LITS
et des
GRANDS EXPRESS EUROPÉENS
SOCIÉTÉ ANONYME
Reg du Commerce Seine N°106250

Direction Générale

SERVICE DES ATELIERS ET DE L'ENTRETIEN

Adresse pour Télégrammes
WAGOLITS - PARIS

N° 16.703 AE.W.BD.14

DIVISION

Division et Références à rappeler dans la réponse

ANNEXE

TÉLÉPHONE

CENTRAL: 27-73, 27-74, 27-75

40, Rue de l'Arcade (8^e Arrond^t)

Paris le 31 Octobre 1929

Société " LE NITROLAC "

21, rue Marius AUFAN

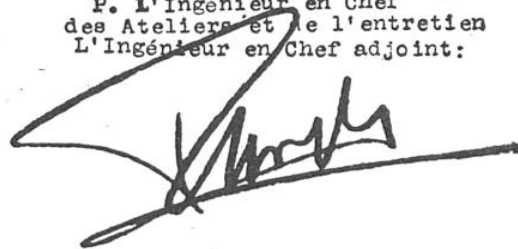
LEVALLOIS PERRET (SEINE-)

Messieurs,

En réponse à votre demande, nous avons l'honneur de
vous confirmer que depuis le mois de Novembre 1926, nous avons
peint, ou fait peindre par nos constructeurs, 144 véhicules de
notre Compagnie avec vos laques nitrocellulosiques et que, jus-
qu'à présent, ces laques nous ont donné satisfaction.

Veuillez agréer, Messieurs, nos salutations distin-
guées.

P. L'Ingénieur en Chef
des Ateliers et de l'entretien
L'Ingénieur en Chef adjoint:



« NITROLAC », l'Email à froid de luxe,
conserve sa place prépondérante
dans les Chemins de fer
comme dans l'Industrie automobile

A TRAVERS LES REVUES

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLECTRICITÉ AU MAROC : LA CENTRALE THERMIQUE DE CASABLANCA, par M. M. Even.

La Centrale thermique de Casablanca est la première usine installée d'après le programme général d'électrification du Maroc.

Située au bord de la mer, la Centrale comprend la salle des machines, la chaufferie et le poste de transformation groupés ensemble. Trois groupes turbo-alternateurs, de 6.000 kilowatts chacun, fournissent l'énergie électrique, et un quatrième groupe est en cours d'installation.

L'auteur donne les caractéristiques de ces machines, décrit l'appareillage à 5.500 volts employé, les transformateurs monophasés 5.500-60.000 volts, l'appareillage 60.000 volts, le tableau de distribution, etc.

« *Revue d'Electricité et de Mécanique* », n° 4.

LES GRANDES CENTRALES THERMIQUES ALLEMANDES, par Paul Jarrier.

Cet article termine l'importante étude synthétique de l'état actuel des centrales thermiques allemandes et des tendances qui régissent en ce moment leurs installations, leurs extensions et la conception des usines projetées.

Après avoir chiffré tout d'abord l'importance de la production et de la consommation d'énergie électrique en Allemagne (25 milliards de kilowatts-heure par an), décrit les principales stations centrales et, en particulier, les stations de plus de 100.000 kilowatts, étudié les différents éléments des chaufferies avec les chaudières modernes atteignant une surface de chauffe unitaire de l'ordre de 2.500 mètres carrés, une pression de 100 kilogrammes/centimètres carrés et une température de surchauffe de 425°, après avoir exposé l'importance du développement de la chauffe au pulvérisé et de tous les appareils accessoires de chaufferie, l'auteur examine maintenant les installations électriques. Il conclut enfin par quelques données économiques, car il va de soi que tous les perfectionnements techniques ne doivent avoir pour but que l'abaissement du prix de revient du kilowatt-heure.

« *La Technique Moderne* » (tome XXI, n° 16).

INDUSTRIE MONDIALE

LE TERRITOIRE DE LA SARRE, SES INDUSTRIES, SON AVENIR, par P. Chevrant et P. Jarrier.

Le rapide accroissement des échanges entre la France et la Sarre a donné à ce territoire une importance considérable au point de vue industriel et économique de chacun de ces deux pays. Aussi le statut politique qui sera donné à la Sarre aura-t-il une répercussion notable sur toutes les industries françaises et sarroises, toutes tributaires de ces deux matières premières essentielles : le charbon et le fer.

Dans une enquête détaillée et objective sur la Sarre, les auteurs ont examiné les productions et les échanges entre ce pays et la France. Dans une première étude, ils ont exposé la situation du commerce général et des industries houillères de la Sarre. Ils étudient ici plus particulière-

ment les industries de distillation du charbon, les industries sidérurgiques, électriques et les industries diverses, et montrent, en terminant, les intérêts économiques vitaux qu'il importe de sauvegarder.

La mise en œuvre de travaux tels que : usines, canaux, grands transports d'énergie électrique et de gaz, accompagnée pour chacun d'eux d'accords judicieux réglant les intérêts contradictoires de chaque partie, permettrait de poursuivre avec sécurité les exploitations et de développer les avantages escomptés par tous.

« *La Technique Moderne* » (tome XXII, n° 3).

MATHÉMATIQUES

LE CALCUL DES PROBABILITÉS, par Marcel Boll.

Dans cet article, facilement accessible, M. Marcel Boll rappelle le rôle du calcul des probabilités dans la vie courante et dans toutes les questions sociales. Ce calcul est le point de départ de théories qui sont en train de révolutionner les sciences physiques. Il est donc regrettable que tant de bons esprits en soient restés aussi étrangers. Cet article donne enfin une liste de tous les ouvrages de valeur que tout homme cultivé consultera avec fruit.

« *Revue Générale des Sciences* » (tome XI, n° 12).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

LES ANÉOMÈTRES, par L. Lahoussay.

Les anémomètres sont les seuls appareils susceptibles de mesurer pratiquement la vitesse moyenne des courants d'air circulant dans les travaux souterrains. Dans cet article sont étudiés : leur mode de construction ; la nécessité de leur tarage, soit au tube de Pitot, soit au manège ; la réalisation pratique de ces étalonnages ; les précautions à prendre dans les deux cas ; la comparaison des résultats obtenus par les deux procédés ; l'exécution du tarage dans les mines ; les formules et courbes de tarage, anomalies des courbes ; l'influence du changement de sens du courant d'air.

« *Revue de l'Industrie Minérale* », n° 205.

DIVERS

FABRICATION DE L'ÉPONGE EN CAOUTCHOUC AUX ÉTATS-UNIS.

Créée, en 1902, aux États-Unis, la fabrication de l'éponge en caoutchouc est basée sur la vulcanisation de caoutchouc contenant du carbonate d'ammonium. On a remarqué qu'il était nécessaire de laisser vieillir les échantillons pendant une dizaine de jours pour obtenir une porosité complète du mélange à la vulcanisation.

Façoné en forme de boudins, le caoutchouc brut passe au vulcanisateur. Il contient alors une masse d'alvéoles remplis de gaz. On vide ces cellules de gaz en tranchant les extrémités du boudin et en pressant ce dernier entre deux rouleaux de compression. Les tubes de gaz éclatent, et le caoutchouc prend la porosité que tout le monde connaît.

« *Revue Générale du Caoutchouc* », n° 54.