

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 40. n. 170. Août 1931
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1931
Collation	1 vol. (p.[87-173]) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 170
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.170

France et Colonies : 4 fr.

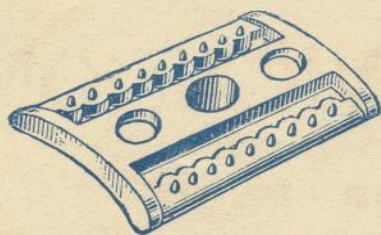
N° 170. - Août 1931

LA SCIENCE ET LA VIE



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

Le meilleur rasoir, la meilleure lame, le meilleur repasseur



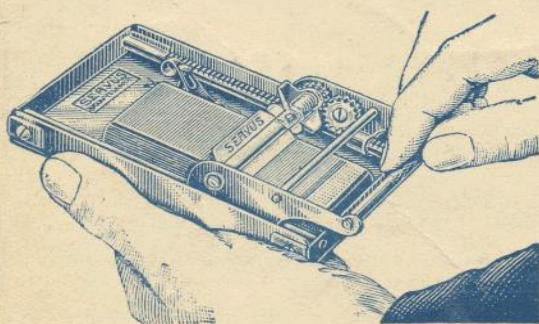
Plaque de garde SERVUS
(brevetée S. G. D. G.)



Rasoir velours SERVUS (breveté S.G.D.G.)



Lame d'avant-garde SERVUS
(brevetée S. G. D. G.)



Repasseur scientifique SERVUS (breveté S.G.D.G.)

SERVUS

**Rasoirs
Lames
Repasseurs**

Tout le monde peut transformer son rasoir à lame mince en un RASOIR VELOURS "SERVUS" Il suffit de changer le peigne ordinaire et de le remplacer par

1 plaque de garde SERVUS (brevetée S. G. D. G.) 7. »

Le rasoir SERVUS (breveté S. G. D. G.), grand luxe, en boîte carton.. .. 12. »

10 lames d'avant-garde SERVUS 18. »

Le repasseur SERVUS (breveté S. G. D. G.) 75. »

CONDITIONS SPÉCIALES

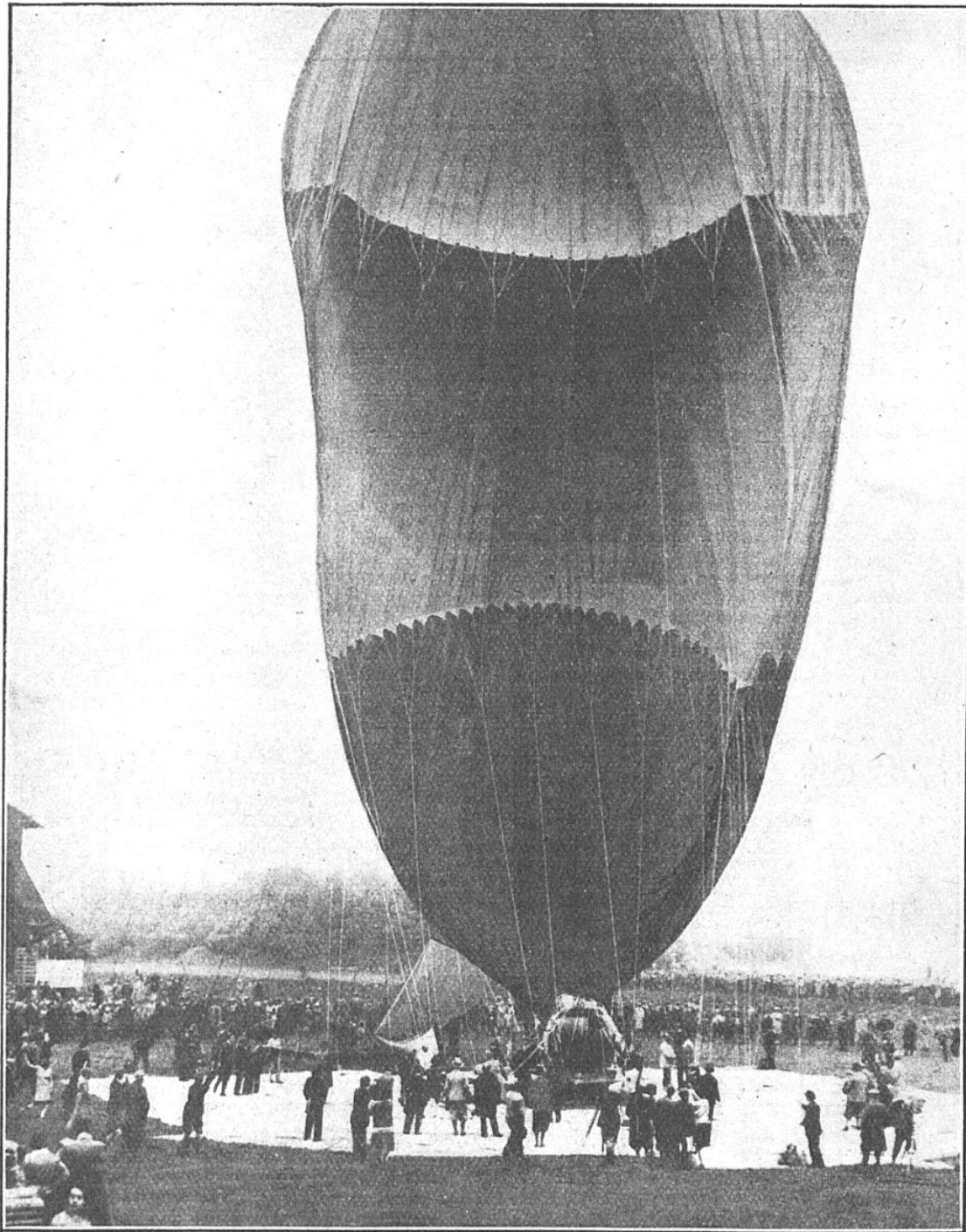
15 lames SERVUS 27 fr. donnant droit à une plaque SERVUS GRATUITE

20 lames SERVUS 36 fr. donnant droit à un rasoir SERVUS GRATUIT

50 lames SERVUS 90 fr. donnant droit à un repasseur SERVUS GRATUIT

**SERTIC 12, rue Armand-Moisant
PARIS-15^e**

Compte courant chèque postal PARIS 737.30



LE BALLON « F. N. R. S. » DU PROFESSEUR PICCARD AU MOMENT DE SON DÉPART, A AUGSBOURG, LE MATIN DU 27 MAI 1931, POUR SON ASCENSION SCIENTIFIQUE A 16.000 MÈTRES. Cet aérostat (ainsi dénommé par reconnaissance envers le Fonds National des Recherches Scientifiques, qui couvrit les frais de l'expédition) cubait 14.000 mètres, une fois distendu dans l'air raréfié de la haute atmosphère. On voit qu'au départ le ballon était très peu gonflé.

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^e — Téléph. : Provence 15-21

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

Copyright by La Science et la Vie, Août 1931 - R. C. Seine 116.544

Tome XL

Août 1931

Numéro 170

DANS LA STRATOSPHERE, A 16.000 MÈTRES

La nacelle-laboratoire du professeur Piccard

Par Jean LABADIÉ

ENVOYÉ SPÉCIAL DE « LA SCIENCE ET LA VIE » A BRUXELLES

Depuis la découverte des « rayons cosmiques » — rayons ultra-pénétrants provenant des régions célestes — par Millikan (1), de nombreuses expériences ont été tentées par les physiciens en vue de les mesurer aussi exactement que possible et en déterminer l'origine. Monter au-dessus de l'écran naturel que constitue l'atmosphère terrestre, atteindre la stratosphère et s'y livrer à une série de mesures précises, tel est le but que s'est proposé M. Piccard, physicien suisse, professeur à Bruxelles, pendant sa récente ascension, en mai dernier, au cours de laquelle il a atteint 15.871 mètres d'altitude. A son retour dans la capitale belge, ce savant a bien voulu recevoir l'envoyé spécial de LA SCIENCE ET LA VIE et lui exposer les méthodes scientifiques et le fonctionnement des appareils de précision qu'il utilisa dans sa nacelle-laboratoire pendant son séjour de près de vingt heures.

Le physicien Piccard aéronaute

SI l'ascension prodigieuse du professeur Piccard et de son assistant, M. Kipfer, dans la stratosphère, ne devait qu'établir un record d'altitude, il est certain que la date du mercredi 27 mai 1931, jour où l'audacieux physicien atteignit 15.871 mètres, serait vite oubliée.

Voilà longtemps que les spécialistes du ballon libre ne recherchent plus le record de hauteur — que l'avion de l'Américain Soucek vient de porter, d'ailleurs, à 13.157 mètres, alors que le dernier recordman de l'aérostaut, l'Allemand Berson, en était resté à 10.800 mètres (1901).

Mais l'ascension fantastique du professeur Piccard comporte une originalité de beaucoup supérieure à sa performance sportive. En tant qu'aéronaute (il comptait une douzaine d'ascensions en sphérique, quand il s'embarqua sur son *F. N. R. S.* de 14.000 mètres cubes), M. Piccard a

inauguré une méthode nouvelle ; il a osé appliquer aux ballons montés les procédés jusqu'ici utilisés seulement pour les « ballons-sondes » (1) que les météorologues ont coutume d'expédier dans la très haute atmosphère, porteurs d'instruments destinés à enregistrer la pression, la température, l'état hygrométrique, tandis qu'eux-mêmes indiquent, par leur trajet, le sens des courants aériens. La méthode consiste à ne gonfler le ballon qu'incomplètement, de manière à laisser au gaz tout le volume nécessaire à son expansion progressive durant sa montée dans un air de plus en plus raréfié.

Par contre, l'atmosphère intérieure de la nacelle habitée exigeait, précaution exactement inverse, d'être maintenue à pression constante. Autrement dit, il la fallait rigoureusement étanche, comme seront les futures cabines des paquebots aériens qui vogueront un jour dans ces mêmes zones supérieures, pour y atteindre des vitesses commerciales que M. Blériot évalue, d'ores et déjà, à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 115, page 11.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 136, page 301.

600 kilomètres à l'heure — nombre que MM. Michelin et Bréguet ont posé de leur côté comme un faible minimum, juste valable pour les premiers essais, ceux-là même que prépare, en ce moment, le constructeur allemand Junkers.

Ainsi peut se mesurer le double service que le professeur Piccard vient de rendre à la seule navigation aérienne : son aérostat est un *ballon libre perfectionné* ; sa nacelle est la première *cabine étanche pratique* où vécurent, pendant vingt heures, deux hommes totalement isolés de l'extérieur où régnait une température de 60° au-dessous de zéro et une pression d'un dixième d'atmosphère, respirant uniquement des réserves artificielles d'oxygène, pendant que le gaz carbonique était éliminé, non moins artificiellement, dans des cuves à potasse.

Mais, à cet aspect, pourtant scientifique, de son voyage aérien, le professeur Piccard n'attache aucune importance. Il fait consister tout le mérite de son ascension périlleuse dans les buts de physique pure qu'il s'était assignés et tout le prix de son effort dans les résultats acquis.

Le but scientifique de M. Piccard : mesurer les rayons cosmiques

Ces buts et ces résultats expérimentaux, le professeur Piccard a bien voulu les exposer à l'envoyé spécial de *La Science et la Vie*, dans l'entrevue forcément très

rapide qu'il lui accorda, au débotté de son triomphal retour à Bruxelles. Il n'était, d'ailleurs, pas besoin d'une longue interview pour préciser l'essentiel de ce qu'il nous importait de connaître.

Les expériences projetées par M. Piccard furent celles que tout excellent physicien de sa valeur n'eût pas manqué d'envisager.

Laissant au second plan, sans toutefois les négliger, les constatations d'ordre météorologique auxquelles suffit la pratique des ballons-sondes (l'un de ces ballons lancé en 1913, à Pavie, n'a-t-il pas atteint 37.500 mètres, à la pression de 2 millimètres de mercure, alors que le *F. N. R. S.* s'est stabilisé au niveau barométrique de 76 millimètres), le physicien bruxellois avait aménagé son laboratoire volant à peu près uniquement en vue d'*expériences électriques*, convergeant toutes vers la mesure des fameux « rayons cosmiques » — dont *La Science*

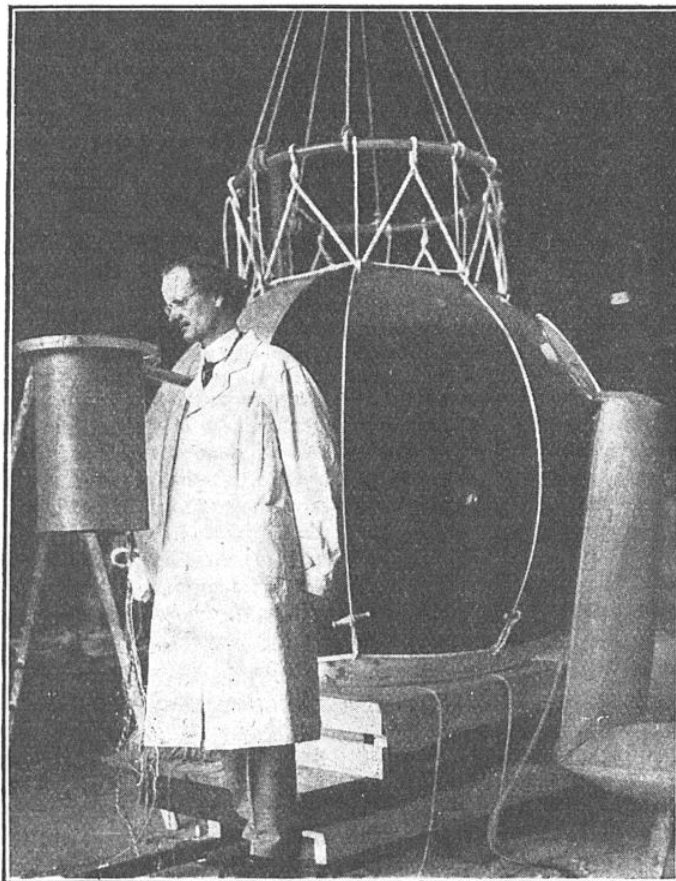


FIG. 1. — M. AUGUSTE PICCARD, PROFESSEUR DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES, DEVANT SA NACELLE PENDANT LES PRÉPARATIFS DE DÉPART

et la Vie a entretenu ses lecteurs (1).

Le problème est d'une importance capitale pour le développement des théories physiques actuelles comme pour l'établissement d'une cosmogonie en accord avec elles.

Rappelons comment il s'est imposé à l'attention des savants.

L'apparition des rayons cosmiques

L'électroscope d'Alexandre Volta — le premier en date des instruments de mesures

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 11.

électriques — est demeuré l'un des plus sensibles du laboratoire moderne, puisque c'est lui qui a conduit les Curie à l'identification du radium. Lui seul suffit également à la découverte des rayons cosmiques : une tige conductrice, terminée par deux feuilles d'or pendantes, est chargée d'électricité (positive ou négative) par l'opérateur. Les deux feuilles s'écartent par la répulsion mutuelle de

Houllevigue a montré, ici même (1), comment en opérant dans un vase clos, protégé par des écrans convenables, on pouvait mettre l'électroscope à l'abri de toutes les causes ionisantes connues, depuis le rayonnement solaire jusqu'à la radioactivité terrestre, mais que, toutes les précautions ordinaires d'isolement étant prises, l'électroscope continuait néanmoins à se décharger lentement.

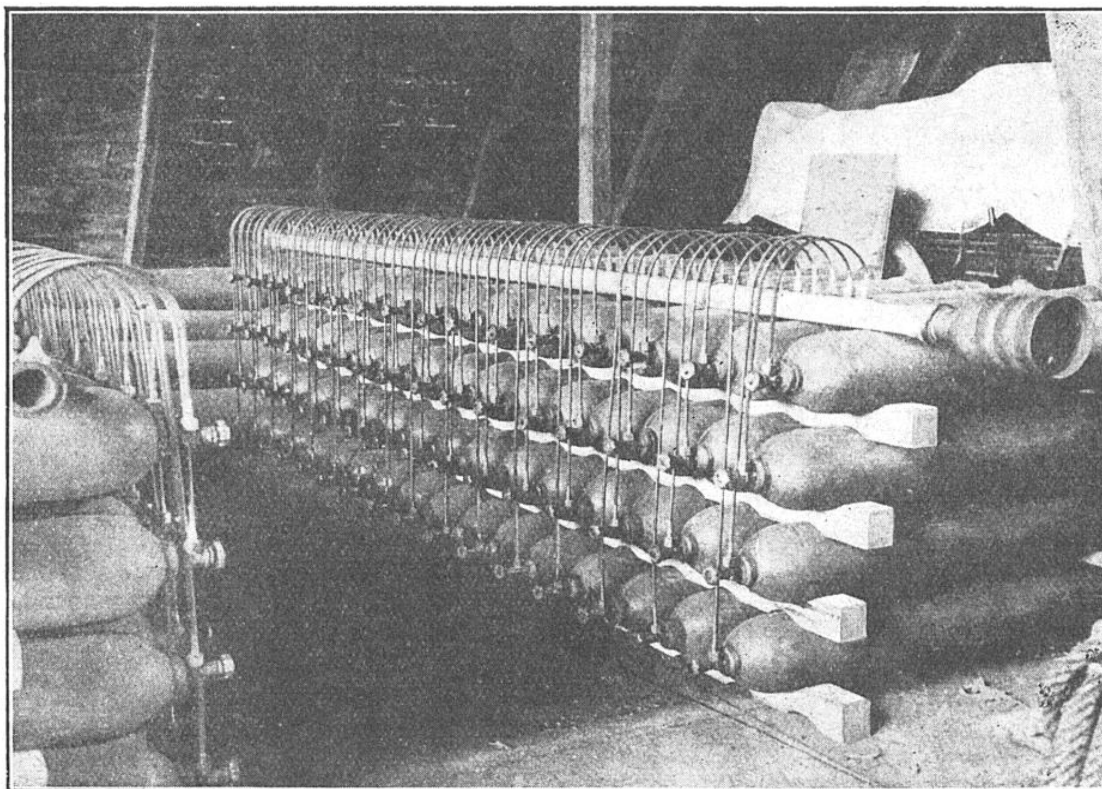


FIG. 2. — L'HYDROGÈNE PURIFIÉ SPÉCIALEMENT PRÉPARÉ POUR LE GONFLEMENT DU « F. N. R. S. »
Comme on le voit, c'est une véritable installation industrielle : chaque bouteille d'hydrogène sous pression envoie son gaz, détendu, dans un tube collecteur (transversal) qui alimente la manche de gonflement.

leurs charges de même signe. Une fois l'électroscope livré à lui-même, ses feuilles momentanément écartées se rapprochent lentement, montrant que leur électricité disparaît.

La charge électrique disparaît parce que, dans l'air ambiant, errent des molécules électrisées (ions) qui, peu à peu, neutralisent (par contact) la tige de l'électroscope. Si l'atmosphère ne contenait pas d'ions, l'électroscope demeurerait toujours tendu.

L'ionisation de l'air peut provenir de causes extrêmement variées, que l'électroscope peut déceler une à une. Le professeur

Ce fait, établi par Edison en 1901, confirmé par tous les physiciens, a conduit Millikan à rechercher l'isolement absolu : il lui a fallu, pour maintenir l'électroscope en charge, le plonger une première fois (1925), en vase clos, jusqu'à 20 mètres de profondeur dans un lac de montagne à l'eau pure de toute radioactivité. Cette expérience prouvait que la cause ionisante ne pouvait être qu'une radiation ultra-pénétrante tombant du ciel. Il la dénomma un « rayonnement cosmique ».

L'écran de 20 mètres d'eau, surmonté de l'atmosphère terrestre, équivaut à un mur

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 11.

de plomb de 1 m 80 d'épaisseur. Les rayons *gamma* les plus pénétrants du radium ne traversent que quelques centimètres du même métal. Les rayons cosmiques se révélaient environ *soixante-quatre fois plus* « durs ». S'ils sont de même nature (ondulation électromagnétique) que les rayons *gamma*, ils se classent donc, dans la gamme des fréquences, à six octaves au-dessus d'eux.

Mais, en 1929, recommençant ses mesures dans un lac des Andes boliviennes, avec des appareils perfectionnés, Millikan dut, cette fois, enfoncer ses appareils à 50 mètres pour les soustraire au rayonnement cosmique. Le nouvel écran théorique isolant prenait, dès lors, une épaisseur de *5 mètres de plomb*.

D'autre part, le physicien Skobelzyn découvrait (au moyen de l'appareil de C.T.R. Wilson) qu'en frappant l'air humide contenu dans cet appareil, les rayons cosmiques produisaient une ionisation exactement semblable à celle obtenue, dans les mêmes conditions, par les rayons *bêta* du radium. Le phénomène apparaissait toutefois infiniment plus intense, puisque les trajectoires des nouveaux électrons *bêta*, photographiées, s'avéraient rectilignes et quasi insensibles à l'influence d'un champ magnétique. *De plus*

ces trajectoires, toujours dirigées de haut en bas, indiquaient, une fois de plus, que l'origine du rayonnement était dans le ciel. Des physiciens allemands émirent l'hypothèse, extrêmement audacieuse, invraisemblable tout compte fait, que les rayons cosmiques étaient *corpusculaires*.

Quoi qu'il en soit, le phénomène ayant lieu avec une égale intensité, de jour comme de nuit, le Soleil n'y était pour rien ; ni les étoiles, puisque la plus rapprochée d'entre elles n'influait pas l'appareil quand elle montait ou descendait sur l'horizon. Le nouveau rayonnement conservait tout son mystère, malgré que son existence se confirmât par des *mesures précises*.

En ballon, au-devant des rayons cosmiques

Disons, maintenant, qu'une méthode

de mesure plus directe que celle de Millikan s'imposait. Au lieu d'accumuler les obstacles devant les rayons cosmiques, on devait tenter de mesurer le *gradient* (taux d'accroissement) de leur intensité par diminution progressive de l'écran naturel qu'ils ont à traverser avant de nous atteindre : *l'atmosphère*. Il fallait donc monter à leur rencontre en ballon.

C'est ce qu'avaient déjà tenté de faire, en 1910 et 1911, le physicien suisse

Gockel ; en 1910 et 1914, le physicien autrichien Hess et l'Allemand Kohlörster. Celui-ci poussa les mesures jusqu'à 9.000 mètres d'altitude. Mais les appareils qu'ils utilisaient ne pouvaient indiquer que *l'ionisation globale des couches aériennes explorées*.

Aucun de ces procédés ne pouvait atteindre, surtout à cette époque, la richesse comme

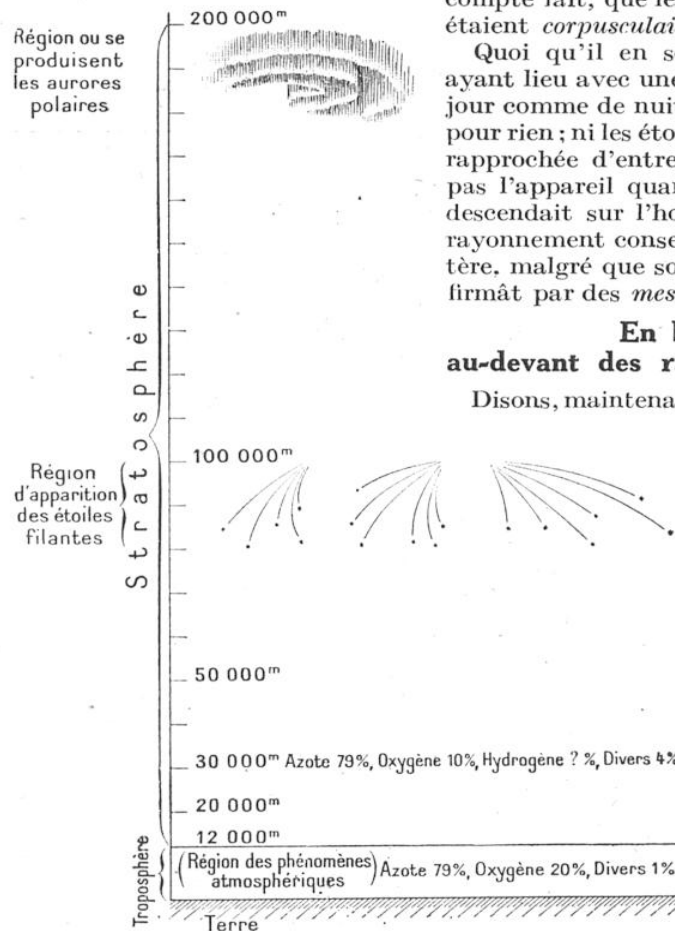


FIG. 3. — L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE S'ÉTEND PROBABLEMENT JUSQU'À 500 KILOMÈTRES D'ALTITUDE

Les dernières manifestations physiques sont les aurores boréales (effet de luminescence provoqué sur l'azote raréfié par le bombardement électronique du soleil) : on les situe vers 200 kilomètres. A 100 kilomètres, apparaissent les étoiles filantes, dont la masse, après s'être échauffée jusqu'à l'incandescence dans les couches supérieures, rencontre là assez d'oxygène pour se consumer. L'atmosphère respirable ne dépasse, en aucun cas, 12.000 mètres.

la précision expérimentale du laboratoire volant établi par le professeur Piccard.

La nacelle-laboratoire modèle

Dans sa cabine sphérique, divisée en huit secteurs, comme l'indique notre schéma (fig. 6), le professeur bruxellois avait préparé quatre expériences fondamentales. Deux d'entre elles ont échoué, deux ont partiellement réussi, heureusement les plus importantes du point de vue scientifique.

dente est le rayonnement solaire. Les tensions électriques (différences de potentiel) résultant de cette ionisation accusent parfois *cent mille volts* par mètre d'altitude.

En vue de mesurer le taux de cet accroissement (gradient du potentiel électrique) le professeur Piccard avait prévu qu'un tube de caoutchouc, long de cent mètres (fig. 6), traverserait la cloison de sa nacelle dans un joint isolant (en cristal de roche). Une bouteille d'alcool qu'emportaient les physiciens,

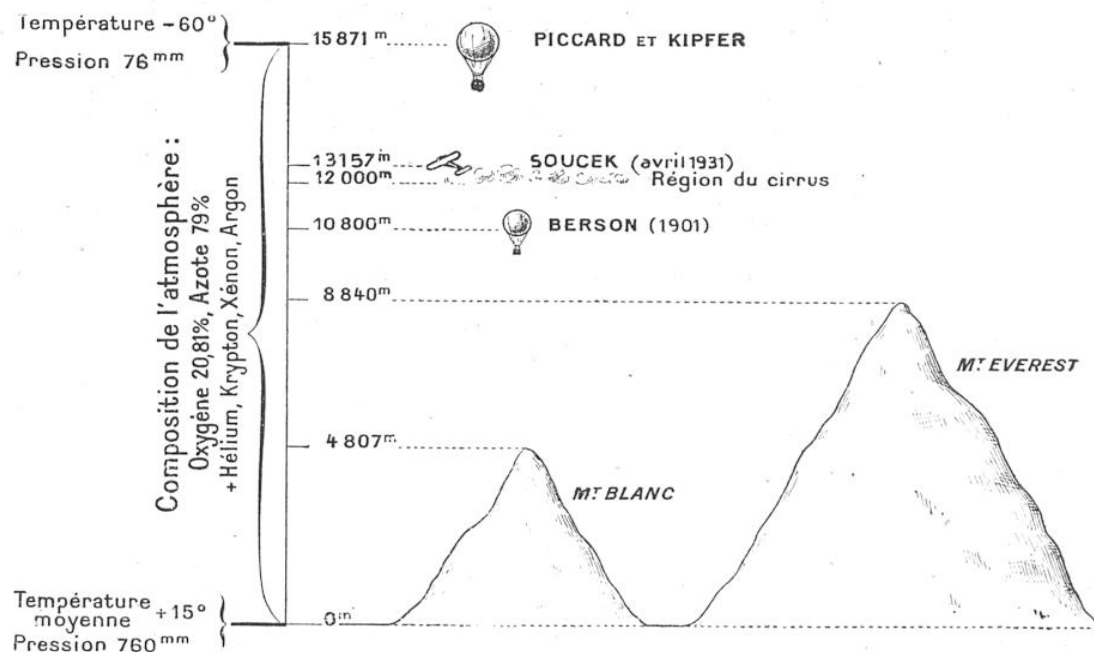


FIG. 4. — LES RECORDS D'ALTITUDE QUI ONT PRÉCÉDÉ CELUI DE M. PICCARD

La stratosphère, étant définie comme étant la région ne contenant plus de vapeur d'eau (et, par conséquent, inaccessible aux orages), débute vers 12.000 mètres. Berson, en 1901, s'en approcha en ballon. L'aviateur Soucek avait précédé M. Piccard dans son exploration, en montant à plus de 13.000 mètres. Et des ballons-sondes montèrent jusqu'à 37.700 mètres. M. Kipfer, assistant de M. Piccard, prétend rivaliser avec ceux-ci dans un proche avenir.

I. — Un premier dispositif devait assurer une mesure classique pour les physiciens de l'atmosphère.

Quand on s'élève dans l'air, la tension électrique relativement au sol ne cesse de croître. Ceci se constate facilement en montagne où il suffit parfois de toucher la roche avec son piolet, au-dessus de sa tête, pour en tirer un crépitement d'étincelles. Dans ce mouvement ascensionnel, le fer de l'outil n'a fait que recueillir et déplacer une charge électrique empruntée aux ions atmosphériques ambiants.

L'ionisation des molécules aériennes, croissante avec l'altitude, est due, dans ce cas, à toutes les causes réunies, dont la plus évi-

serait vidée dans cette « sonde ». La colonne liquide incongelable irait, par conséquent, prendre à l'orifice inférieur du tube, le potentiel électrique régnant à ce niveau, tandis qu'un conducteur métallique retournant de cet orifice à la nacelle, permettrait de mesurer la tension existant entre les deux points. Cette mesure (qui devait accuser logiquement plusieurs millions de volts) n'a pu être effectuée. Dès le départ, en effet, le joint de cristal fut brisé, mettant en danger, par cette fêlure de la coque étanche, la vie des opérateurs. Ceux-ci purent tout juste la colmater avec de l'étoffe vaselinée.

II. — Une seconde mesure de l'électrification globale de l'atmosphère était prévue

de la manière suivante :

Deux cylindres métalliques concentriques, fixés au bout d'une longue potence normale à la paroi de la sphère, constituaient une sorte de condensateur circulaire, chaque armature étant différemment électrisée depuis la cabine (fig. 6).

Si le ballon avait pu effectuer sa descente normale, au gré des aéronautes agissant sur la soupape, ceux-ci réglaient *ipso facto* l'écoulement de l'air entre les deux cylindres (par le vent de la

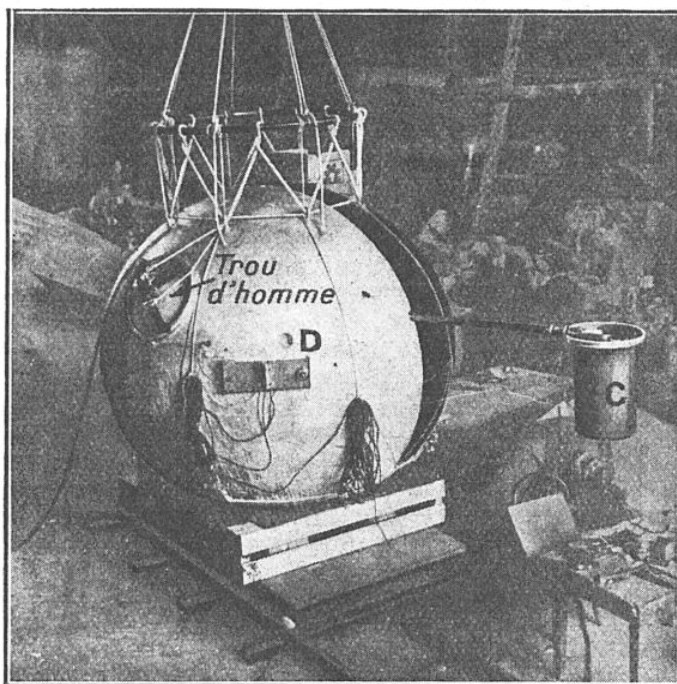


FIG. 5. — L'ÉQUIPEMENT EXTÉRIEUR DE LA NACELLE-LABORATOIRE

La sphère d'aluminium était mi-partie blanche et noire, afin de présenter (au moyen d'un dispositif qui ne fut pas utilisé — hélice mue à la main) tantôt sa face absorbante (noire) au soleil et tantôt sa face réfléchissante (blanche). A gauche : le trou d'entrée. Au-dessous : la corde de soupape. En D, un regard. En C, l'appareil de mesure électrostatique des ions de l'atmosphère.

chute). Dans ce cas, les ions atmosphériques — des deux signes — auraient été absorbés par l'une ou l'autre surface électrisée. Cette absorption des ions moléculaires de l'air (sous un débit connu) aurait été enregistrée par un électromètre du bord. Le degré d'ionisation de l'atmosphère eût été noté *tout le long de la descente*. Son gradient eût été établi sur 16.000 mètres, confirmant, sans doute, en le prolongeant, le graphique déjà obtenu par Hess (fig. 10).

Mais la sou-

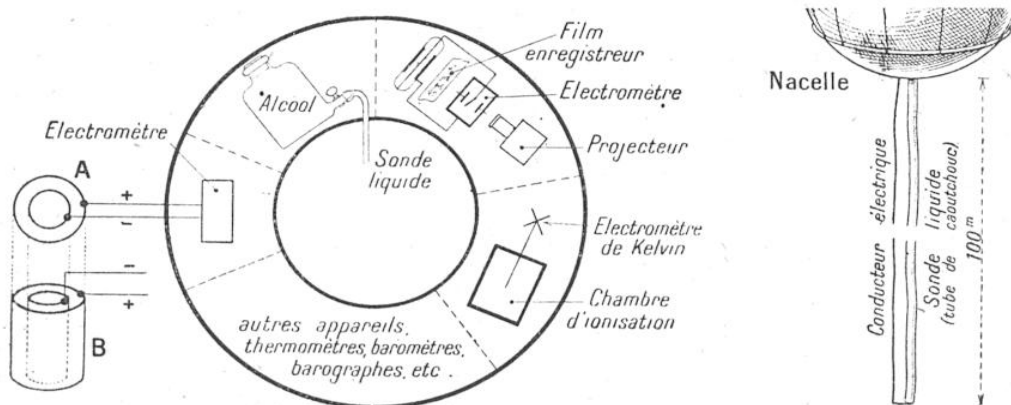


FIG. 6. — TABLE CIRCULAIRE INTÉRIÈRE DE LA NACELLE-LABORATOIRE

Les appareils les plus intéressants étaient : le dispositif de mesure de l'ionisation provenant des rayons cosmiques (à l'extrême droite) ; le compteur automatique des ions par projections de l'index électrométrique sur un film ; la sonde électrostatique avec sa bouteille d'alcool, qui n'a pu fonctionner (voir le détail à droite) ; le dispositif de mesure de l'ionisation de l'atmosphère extérieure (deux cylindres de métal A et B concentriques, électrisés de signes contraires de l'intérieur de la nacelle, devaient retenir au passage les ions atmosphériques que le vent de la chute eût fait s'engouffrer dans leur espace annulaire ; mais le ballon n'ayant pu « soupaper » n'a pas pu régler sa descente, c'est-à-dire le débit de l'air à travers les cylindres).

pape s'étant coincée, le *F. N. R. S.* se maintint vingt heures au-dessus de l'altitude 12.000, avant de descendre, et aucune mesure ne fut possible.

L'observation directe de l'ionisation proprement « cosmique »

Mais voici quelles furent les mesures essentielles, se rapportant *spécialement* aux rayons cosmiques, dont la force de pénétration se jouait des 3 mm 50 de la cloison sphérique.

fié (fig. 9). Les rayons cosmiques ne trouvaient ici qu'un champ d'action restreint. Les molécules à l'état dispersé d'un tel milieu ne s'ionisent plus de façon massive, mais individuellement, à intervalles irréguliers, faciles à compter. Chaque fois qu'un ion se produit dans le tube de Geiger, il détruit l'équilibre électrostatique établi (par une pile) entre un fil central et la paroi argentée du tube. Cette destruction d'équilibre se traduit, chaque fois, par un mouvement brusque de

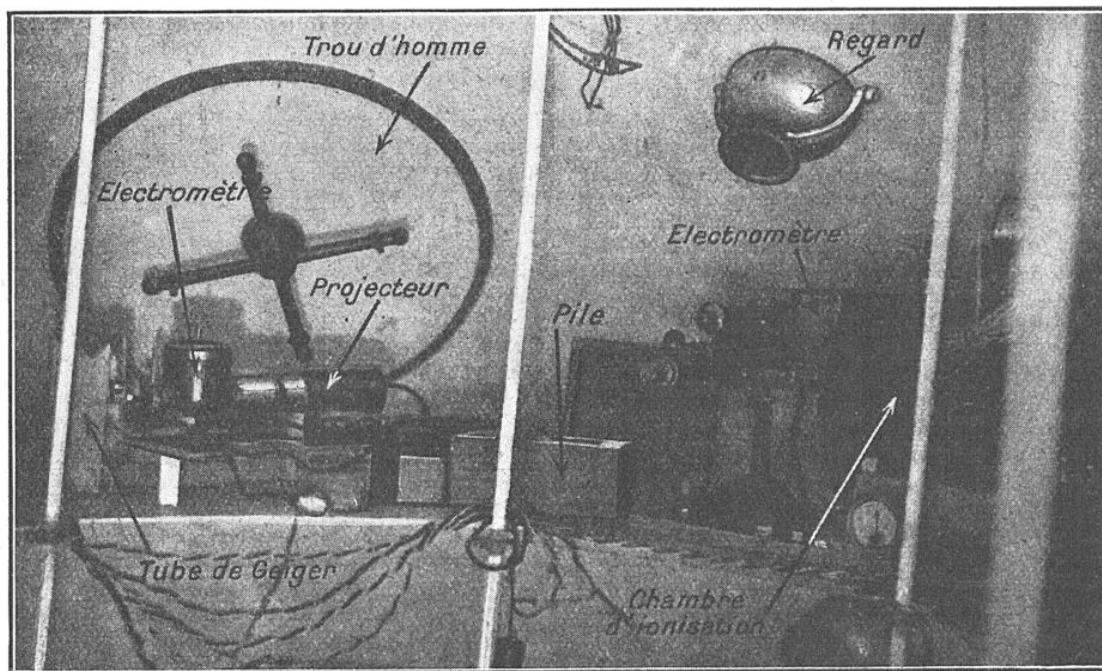


FIG. 7. — LES APPAREILS QUI ONT FONCTIONNÉ (VOIR LES SCHÉMAS FIG. 8 ET 9)
A droite : la chambre d'ionisation et son électromètre. A gauche : l'appareil à compter les ions.

III. — Dans un « vase clos », 30 litres de gaz carbonique (gaz lourd) comprimé à 6 atmosphères s'ionisaient uniquement sous l'effet des rayons cosmiques (fig. 8). L'électrisation massive des molécules tassées dans cette enceinte (chambre d'ionisation) influençait un électromètre à quadrants. Cette indication était l'une des plus précieuses que recherchait M. Piccard. Cette mesure put être prise sur tout le parcours de l'ascension, en tout cas fort aisément à son point culminant.

Le comptage des ions d'origine cosmique

IV. — La seconde mesure capitale que réussit le professeur Piccard consista dans le comptage des ions

Un tube (de Geiger) contenait un gaz raré-

l'électromètre (du type « électroscope »).

Un dispositif cinématographique enregistrait automatiquement, sur un film déroulé à vitesse constante, chaque décrochement de l'index électroscopique. Ainsi le film a pu dénombrer les ions au fur et à mesure de leur formation. La fréquence de leur apparition constitue, on le conçoit, une mesure de l'intensité du rayonnement cosmique qui les engendre.

Le mystère persiste

Tei fut le demi-succès, pourtant infiniment précieux, de l'exploration du professeur Piccard et de son assistant, M. Kipfer dans la stratosphère.

Bien entendu, l'origine des rayons cosmiques ne s'en trouve pas élucidée. L'iden-

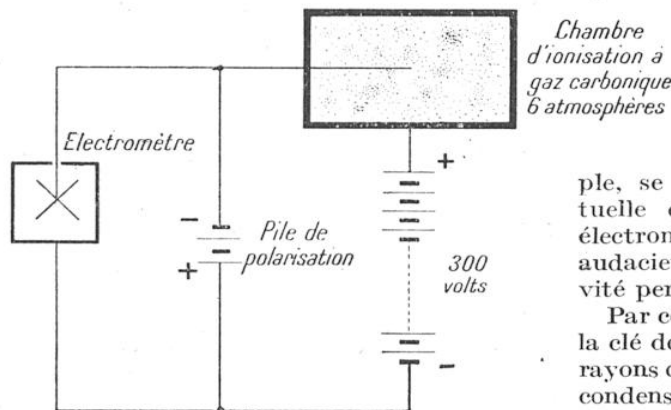


FIG. 8. — SCHÉMA DE MONTAGE DE LA CHAMBRE D'IONISATION

Elle était constituée par un fort cylindre contenant du gaz carbonique à six atmosphères. Les rayons cosmiques, en pénétrant dans le vase, ionisaient ce gaz de façon massive. Le montage électrique ci-dessus permettait de mesurer l'effet global d'ionisation.

tification de la source du mystérieux rayonnement dépend surtout des conclusions de la physique théorique.

Les rayons cosmiques ne peuvent provenir d'une matière super-radioactive interstellaire (leur dureté exigerait que ce super-radium contint 3.500 fois plus d'énergie que celui de Pierre Curie). Je dois dire, cependant, que c'est là la thèse en faveur chez beaucoup de physiciens allemands, à la

quelle M. Piccard semble lui-même adhérer.

Les mystérieux rayons viennent-ils d'une autocombustion des poussières cosmiques, des atomes d'hydrogène, par exemple, se détruisant par neutralisation mutuelle de leur noyau positif et de leur électron négatif? Hypothèse encore trop audacieuse, bien que la théorie de la relativité permette de l'envisager.

Par contre, M. Millikan a peut-être touché la clé de l'énigme lorsqu'il a supposé que les rayons cosmiques sont une lumière issue de la condensation progressive, au sein des nébu-

FIG. 10. COURBE D'IONISATION OBTENUE PAR LE PHYSICIEN HESS, LORS D'UNE PRÉCÉDENTE ASCENSION

Cette courbe montre qu'au-dessus de 1.000 mètres d'altitude, les ions comptés (à l'appareil décrit plus haut) croissent rapidement en nombre sous l'effet des rayons cosmiques. A 5.000 mètres, on en compte 30 par seconde; M. Piccard dira combien il en a comptés à 16.000 mètres.

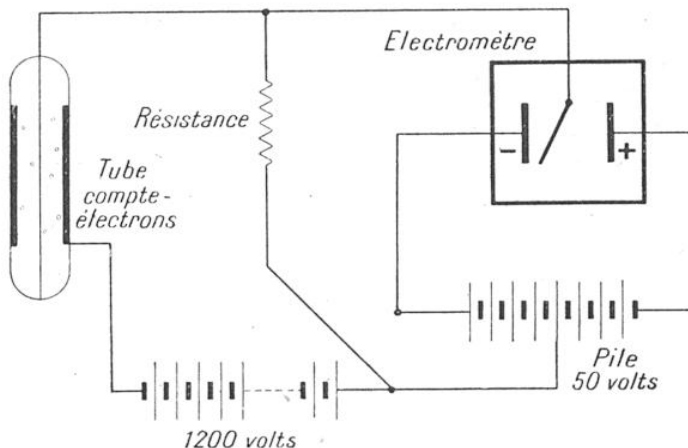
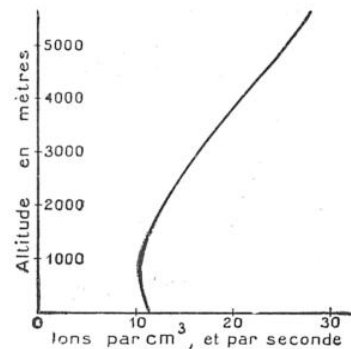


FIG. 9. — SCHÉMA DU DISPOSITIF DE COMPTAGE DES IONS
A gauche : Dans un tube à gaz raréfié se forment des ions (positifs ou négatifs) sous l'effet des rayons cosmiques. Le gaz étant sous une faible pression, ses molécules sont clairsemées, de sorte que les ions ne se forment qu'à intervalles discernables. Chaque ion produit déclenche un déplacement brusque de l'index d'un électromètre, dont un projecteur fixe l'image sur un film (voir schéma de la table circulaire).

leuses lointaines, des éléments légers (hydrogène et hélium) en atomes plus lourds, ceux-là même dont sont faits les systèmes solaires.

Cependant il faut choisir : ou bien c'est la matière qui, par autocombustion, fournit le rayonnement et, dans ce cas, les corpuscules (électrons et protons) seraient antérieurs à l'énergie lumineuse, dans l'histoire du monde — ou bien c'est l'énergie pure qui, sous forme de radiations, serait à l'origine du monde matériel et, sa première condensation ayant donné l'électron et le proton qui forment l'atome d'hydrogène, cet atome aurait prolongé la condensation générale en rayonnant de nouvelles ondes à mesure que grossissait le noyau des nouveaux atomes créés de plus en plus lourds.

JEAN LABADIÉ.

VERS LA RECHERCHE DU SILENCE DANS LA CITÉ MODERNE

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Des expériences récentes, faites à New York, ont démontré que le rendement du travail baissait de près de 5 % au milieu du bruit, et que la fatigue était accrue de près de 20 %. Le trafic général (voitures et surtout camions), les transports en commun (tramways, autobus, métro aérien), les chemins de fer, les navires (dans les ports), les haut-parleurs, la construction métallique, l'entretien des chaussées sont les causes les plus fréquentes et les plus importantes de bruits. En dehors des mesures administratives déjà en vigueur (interdiction d'échappement libre des moteurs, des sirènes, de l'emploi des avertisseurs d'automobiles pendant la nuit), la science nous permet-elle d'attendre des solutions rationnelles pour mener à bien la lutte contre le bruit? L'oreille est un organe d'une extrême sensibilité, puisque, d'après le savant allemand Wien, l'énergie contenue dans une calorie suffirait à engendrer un travail correspondant à l'entretien d'un son perceptible pendant deux mille ans. Mais cette sensibilité varie avec la hauteur des sons, c'est-à-dire avec la fréquence des vibrations qui les produisent. Au-dessus des sons les plus aigus, correspondant à 30.000 vibrations par seconde, l'oreille n'entend plus rien. La limite des sons graves correspond à 16 vibrations par seconde. Mais, tandis que les sons aigus peuvent être aisément dirigés, les sons graves, au contraire, se transmettent dans toutes les directions. Or, il n'est pas nécessaire d'utiliser des avertisseurs d'automobiles à sons graves, puisqu'ils sont surtout destinés à être entendus dans la direction du déplacement du véhicule. On peut donc escompter, dans ce domaine, un progrès comparable à celui qui résulte de la substitution des phares modernes (phares-code) aux lumières éblouissantes de jadis. Nul doute que des recherches méthodiques ne contribuent à rendre notre vie plus silencieuse en améliorant les conditions d'hygiène de notre oreille.

La lutte contre le bruit dans le monde

Le développement et la concentration de l'activité humaine n'ont pas que des avantages ; ils s'accompagnent, dans les grandes cités, d'un bruit que la nuit elle-même n'arrête pas. Les choses en sont venues à tel point, que la nécessité de réagir s'est fait sentir, en particulier à Paris, à Londres et à New York, qui sont les trois « capitales du bruit » dans le monde.

En Angleterre, c'est le corps médical qui a pris la tête du mouvement ; son action s'est traduite dans un rapport présenté, en son nom, par sir Robert Armstrong-Jones.

En Amérique, ce sont les administrations elles-mêmes qui se sont émues ; le directeur de la santé, S. W. Winne, a nommé, en 1929, une commission (*Noise Abatement Commission*) formée de techniciens appartenant à l'administration, aux arts de l'ingénieur, à la médecine (1), avec mission de se livrer à une large enquête : elle vient d'en faire connaître les premiers résultats dans une publi-

(1) Notre éminent compatriote, le docteur Alexis Carrel, en fait partie.

cation à laquelle j'emprunterai de nombreux résultats.

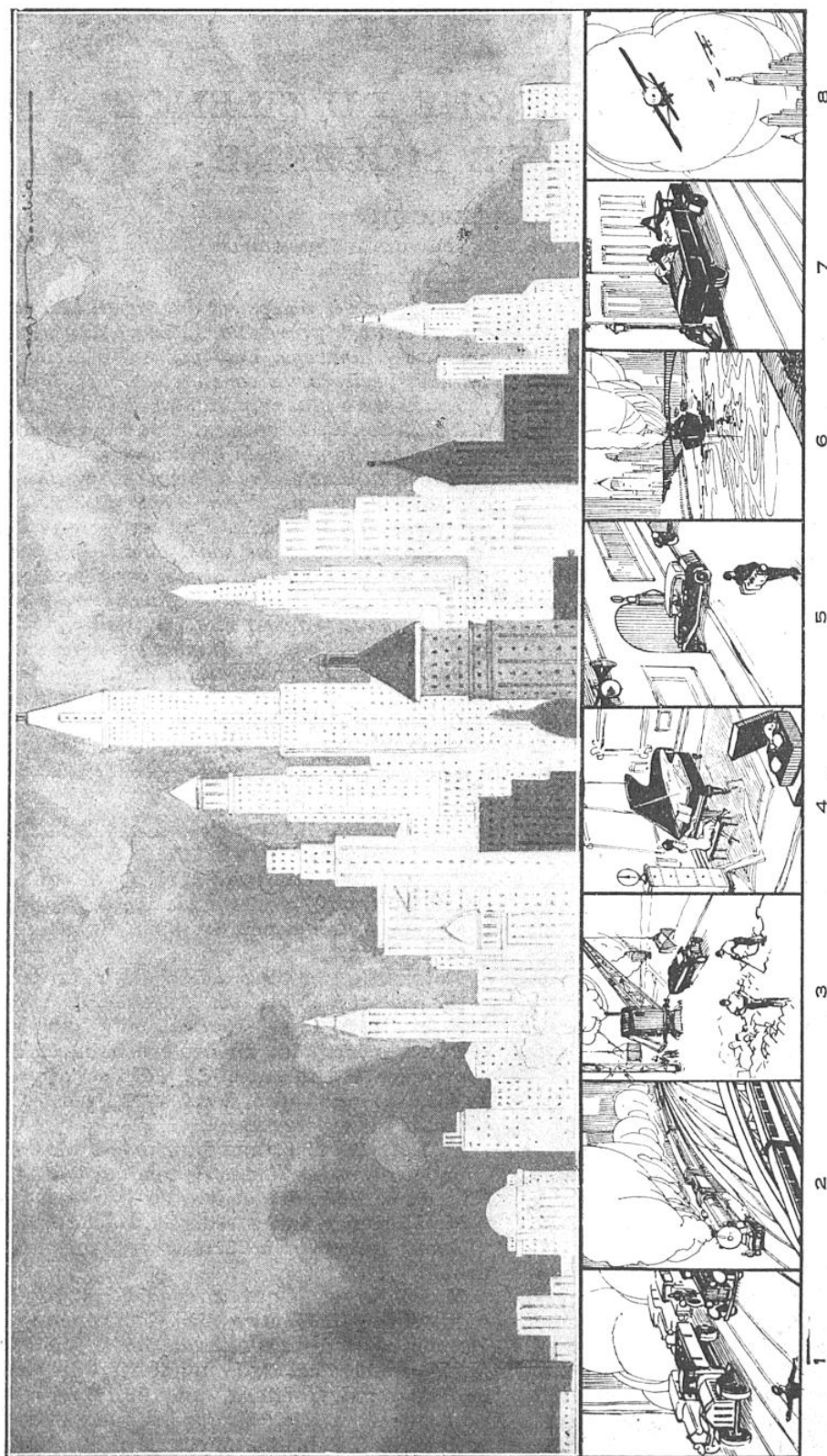
En France, contrairement à ce qu'on aurait pu croire, c'est l'initiative privée qui a vigoureusement pris en main la défense contre le bruit.

Notre Touring Club a délégué à son très actif vice-président, M. Auscher, le soin d'effectuer, à Paris, une enquête sur les facteurs principaux du bruit urbain, et de provoquer les mesures de défense appropriées ; on a consulté, à cet effet, toutes les sommités compétentes :

M. Defert, qui a réuni dans une étude très complète tous les textes de lois qui permettent de se défendre contre les bruits ;

M. Maringer, qui a rédigé un arrêté municipal, proposé à toutes les autorités urbaines ;

M. Dalbrouze, qui a étudié les bruits industriels ; M. Dautry, directeur général de l'exploitation des chemins de fer de l'Etat ; M. Kirchner, chef de l'exploitation du port de Rouen ; M. Goudard, qui a établi un rapport très documenté sur les bruits de l'automobile et de la motocyclette ; M. Louis



VOICI LES PRINCIPALES CAUSES DE BRUIT DANS UNE GRANDE VILLE D'AMÉRIQUE

1. La circulation générale, avec ses moteurs à échappement libre, ses freins mal réglés, ses trompes et ses sirènes, ses charges métalliques trépidantes, enplit l'ensemble de la cité d'un vacarme continu. — 2 et 3. Les sifflets des locomotives, les manœuvres de wagons, les passages de rames de métro, les marteaux pneumatiques et les grues, employés dans la construction et la démolition, sont des sources de bruit, locales mais non moins importantes. — 4, 5, 6, 7. Phonographe et T. S. F. chez le voisin, garage et haut-parleur dans la maison d'en face, sirènes des remorqueurs sur le fleuve ou dans le port, enlèvement et livraison des marchandises aux premières heures de la journée, privent le citadin de la tranquillité de son foyer. — 8. Il n'est pas jusqu'au ciel qui ne s'emplisse, à certaines heures, du ronflement des avions, et les voisins des aéroports sont particulièrement favorisés à cet égard.

Bréguet sur l'aviation ; M. Henri Soulier sur la radiodiffusion.

Cet effort n'a pas été stérile ; déjà, des arrêtés pris sous la haute autorité de M. Chiappe ont limité certains bruits et assuré le repos nocturne, tandis que les compagnies de chemin de fer, en limitant l'emploi des sifflets, établissaient autour des gares un silence relatif. Mais le silence, comme la paix, est une création continue ; il sera le résultat d'un effort persévérant, auquel chacun de nous peut et doit contribuer pour sa part, en mettant en pratique la devise du Touring Club : *le silence de chacun assure le repos de tous*. Faire connaître au lecteur les résultats de ces enquêtes, montrer ce qui reste à faire et ce que la science nous enseigne, tel est l'objet de cet article. Pour plus de simplicité, nous nous occuperons exclusivement des voies publiques : les règles et les procédés capables de défendre l'intérieur des édifices

contre le bruit forment un problème à part, qui justifierait une étude spéciale ; mais ce second problème serait à moitié résolu, si on parvenait à établir le calme dans la rue.

Le bruit

a une action physiologique néfaste

Sollicitée par le Touring Club, notre Académie de Médecine a donné son avis sur les méfaits produits par le tapage urbain ; avec toute l'autorité qui lui appartient, elle a dénoncé les inconvénients que chacun connaît. La commission de New York ne s'est pas contentée de ces appréciations qualitatives ; elle a voulu expérimenter sur le trouble apporté par le bruit au rythme du travail ; elle a, en particulier, fait état de curieuses expériences conduites par le professeur Laird à la *Colgate University* de

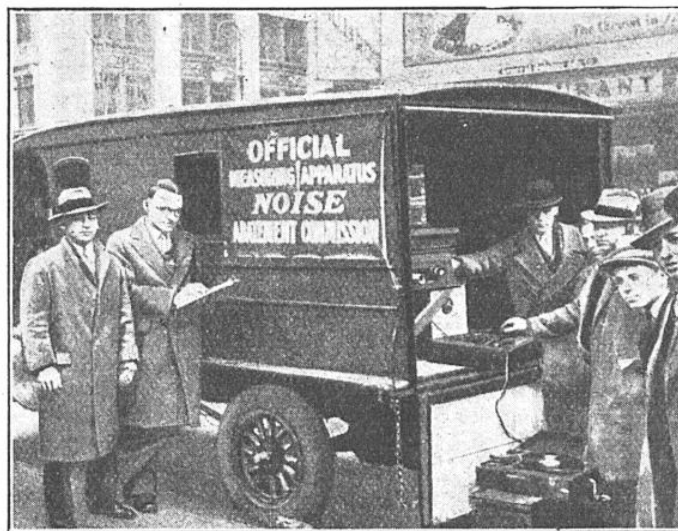
Hamilton (N. Y.) : les sujets mis à l'épreuve étaient un certain nombre de dactylographes, hommes et femmes, auxquels on faisait écrire une lettre, toujours la même, soit dans le silence du laboratoire, soit dans le trouble produit par une « machine à faire du bruit » qui reproduisait, avec une intensité comparable à celle des voies fréquentées, le roulement des voitures, l'appel des cornes et des sirènes. Les épreuves comparatives établirent que le temps nécessaire pour effectuer un ouvrage déterminé (copier une lettre) était

accru, en régime bruyant, de 4,3 % en moyenne, ce qui est peu de chose ; quant à la perfection du travail, on observa le résultat curieux que les fautes de copie étaient accrues par le bruit, pour les dactylos les plus rapides, mais diminuées pour les plus lents.

Où la différence se fait mieux sentir, c'est dans la mesure de la fatigue ; pour y procéder, on avait muni les sujets en expé-

rience de masques permettant de recueillir les produits de leur respiration, qui étaient ensuite analysés ; on admettait, comme une vérité pratique, que le travail dépensé est proportionnel à la quantité de gaz carbonique expiré ; or, cette quantité se trouva accrue, en régime bruyant, de près d'un cinquième, ce qui prouve que la dépense d'énergie était elle-même majorée dans la même proportion. La conclusion de cette étude est qu'on peut travailler dans le bruit, à peu près comme dans le silence, mais qu'on s'y fatigue davantage ; le travail étant plus pénible, doit être poursuivi moins longtemps.

Cette enquête se complète par celle du docteur Kennedy, poursuivie dans les hôpitaux, sur les maladies nerveuses attribuables aux bruits urbains ; mais ceci dépasse le cadre scientifique de cet article.



AUTO-LABORATOIRE UTILISÉE, A NEW YORK, PAR LA COMMISSION AMÉRICAINE CONTRE LE BRUIT

Cette voiture a parcouru environ 750 kilomètres à travers les rues des grandes villes ; elle a observé l'intensité et la nature des divers bruits urbains au cours de 138 stations.

Comment on mesure l'intensité d'un bruit

Pour mesurer l'intensité d'un son musical, de hauteur constante, il existe des méthodes scientifiques, dont la plus précise vient d'être mise au point par M. F. Canac, directeur du centre d'études de la Marine de guerre, à Toulon. Mais la mesure d'un bruit complexe et variable est une opération autrement délicate. La commission américaine s'est adressée, tout d'abord, à la méthode des inscriptions graphiques qui permet de représenter, sur un film mouvant, les ondes successives qui viennent frapper l'appareil enregistreur ; cette méthode est, assurément, la plus directe et la plus sûre, mais sa complication en prohibe l'emploi lorsqu'il s'agit d'effectuer rapidement un grand nombre de déterminations. On obtient des résultats d'exactitude suffisante en mesurant, non le bruit lui-même, mais l'intensité d'un son musical qui le domine : c'est ce que les techniciens de la « Bell Telephone Co » nomment « masking effect », parce qu'un son trop faible est masqué par le bruit ambiant ; l'intensité qu'il faut lui donner pour qu'il soit perceptible peut donc être prise comme mesure de ce bruit. Pour appliquer cette méthode, on avait équipé une voiture laboratoire (fig. page 99), à l'intérieur de laquelle aboutissait, à côté du cornet acoustique recueillant le bruit extérieur, le son produit par une sorte de *pick-up*, dont on pouvait, à volonté, accroître l'intensité jusqu'à ce qu'il dominât ce bruit ; avec un peu d'habitude, on peut obtenir rapidement une évaluation suffisante.

Les intensités sonores ainsi appréciées sont

définies au moyen d'une unité spéciale, nommée « decibel », qui correspond au son le plus léger que l'oreille puisse reconnaître ; on ne mesure, en réalité, que les rapports, ou intervalles, de ces intensités : un son de 10 décibels est dix fois plus intense que le son unité ; deux sons, ou deux bruits, dont le rapport est 100, ne diffèrent que de 20 décibels, et de 30 décibels si ce rapport est 1.000 : pour parler plus rigoureusement, l'intervalle entre deux sons, évalué en décibels, est dix fois le logarithme du rapport des intensités.

Voici les causes les plus importantes du bruit

Par ce procédé, 10.000 observations furent effectuées dans les divers quartiers de New York, aux diverses heures de la journée ; les résultats, reportés sur une série de tableaux, de graphiques et de cartes, forment des documents de haut intérêt pour une municipalité qui veut agir en connaissance de cause : le maximum du bruit, 101 décibels, fut observé principalement au voisinage d'une riveteuse mécanique dans un immeuble en construction ; de jour, le minimum atteignait 42 décibels et, de nuit, il ne descendit pas au-dessous de 38 décibels (à 4 heures et demie du matin), c'est-à-dire qu'il était encore 6.300 fois plus intense que le bruit minimum perceptible à l'oreille.

Plus suggestive encore est la classification des bruits sui-

vant leur origine ; elle est résumée au tableau de la page suivante.

Plusieurs alinéas de ce tableau sont spécifiquement américains : par exemple, l'abus des haut-parleurs (figure page 101) et l'exubérance des crieurs de journaux sont des scandales dont nos cités européennes sont



UN OUTIL BRUYANT : LA PERCEUSE PNEUMATIQUE

La perceuse pneumatique est le plus bruyant de tous les appareils mécaniques en usage dans les villes. On lui attribue la responsabilité des très nombreux cas de surdité que l'on constate chez les ouvriers qui l'utilisent habituellement.

heureusement délivrées ; le métro aérien (*Elevated*) fait un bruit dont nous n'avons aucune idée à Paris ; la multiplication des « gratte-ciel », emprisonnant et répercutant les ondes sonores, contribue largement à l'accroissement du bruit. Enfin, les procédés américains de construction, s'ils sont rapides, sont, en outre, effroyablement bruyants.

Il ne reste pas moins qu'en Amérique, comme chez nous, l'automobile (et surtout le camion *poids lourd*) reste le grand facteur du tapage. Les bruits qui en émanent proviennent de l'échappement, des avertisseurs, des transmissions et des freins, enfin, du train roulant. Parmi ces diverses causes, les deux premières sont, sûrement, celles sur lesquelles une réglementation stricte peut efficacement agir ; elle a déjà produit quelques heureux effets en interdisant l'échappement libre ; toutefois, le rapport présenté au Touring Club français par M. Goudard constate que les silencieux des motocyclettes sont trop souvent dépourvus de chicanes et que l'échappement tumultueux de ces appareils, souvent exagéré à plaisir, est un des principaux facteurs du bruit urbain.

Non moins désagréable et gênant est le bruit des avertisseurs ; ces appareils ont pour effet, non d'avertir, comme leur nom l'indique, mais d'effrayer ; ils agissent par intimidation. Ce procédé, qui pouvait être nécessaire aux débuts de l'automobile, alors que les piétons s'estimaient seuls maîtres de la chaussée, est aujourd'hui parfaitement déplacé. L'avertisseur ne doit avoir pour but que de prévenir les piétons ou les autres voitures. Inutile donc qu'il soit assourdissant. Ainsi, l'étude des avertisseurs doit être reprise en se plaçant à ce nouveau point de vue ; elle l'a été déjà au laboratoire de la Commission américaine (fig. page 102), dont le rapport contient de nombreuses mesures effectuées avec de nombreux appareils. J'indiquerai tout à l'heure comment nos connaissances en acoustique nous permettent d'envisager ce problème, à coup sûr un des plus pressants qui soient posés par le bruit urbain.

Ce que l'acoustique nous enseigne

Nous n'avons pas à nous occuper ici des conclusions administratives que comportent ces études techniques ; appliquées méthodiquement, elles hâteront l'éducation du public et limiteront peu à peu le mal dont souffrent nos grandes cités. Mais il serait étonnant que la science n'eût pas son mot à dire ; elle nous fournit, en effet, des renseignements et des suggestions que je voudrais exposer en terminant.

Le premier fait qu'il faut avoir présent à l'esprit, c'est la sensibilité extraordinaire de l'oreille ; Wien avait, jadis, déduit de ses expériences qu'avec l'énergie contenue dans une calorie (un gramme d'eau échauffé de un degré), il y avait de quoi maintenir un son perceptible pendant deux mille ans ; lord Rayleigh a obtenu des résultats analogues en mesurant l'énergie sonore dégagée par un diapason ; il a constaté, en outre, que la membrane d'un téléphone rendait encore un son perceptible, alors que l'amplitude de ses vibrations ne

dépassait pas un millionième de millimètre, et que l'audition devient désagréable dès que cette amplitude atteint un millième de millimètre. Ainsi, l'oreille est un admirable instrument, que, dans notre délire, nous traitons à coups de marteau ; nous n'agirions pas autrement si notre dessein était de nous rendre sourds. Et, alors, il est évident qu'on pourrait, sans inconvénient, réduire tous les sons et tous les bruits au dixième, voire même au centième, et que nous les entendrions aussi bien, sinon mieux.

Une seconde remarque, c'est que la démarcation entre les sons et les bruits est loin d'être aussi tranchée qu'on le croit communément ; la musique moderne, où les bruits les plus hétéroclites se donnent rendez-vous, nous a déjà délivrés de ce préjugé. Gulik avait noté jadis que le bruit, assurément peu musical, produit par une locomotive qui laisse échapper sa vapeur, prend, lorsqu'on l'écoute d'un peu loin, le caractère d'un véritable son. Il en va de même avec

Trafic général (<i>camions, automobiles, avertisseurs divers</i>)..	36,28 %
Transports en commun (<i>trams-ways, métros aérien et souterrain</i>).....	16,29 %
Haut-parleurs.....	12,34 %
Voitures de livraison.....	9,25 %
Locomotives, remorqueurs, navires.....	8,28 %
Bruits de construction (<i>rive-teuses, perforatrices pneumatiques, etc.</i>).....	7,40 %
Voix (<i>crieurs de journaux, camelots, etc.</i>).....	7,27 %
Divers.....	2,89 %
TOTAL.....	100,00 %

TABEAU DES PRINCIPALES CAUSES DE BRUIT
DANS UNE CITÉ MODERNE

les bruits divers produits dans la cité ; leur ensemble s'amalgame et s'harmonise en un « fond sonore » à peu près continu, auquel nous sommes tellement habitués que, lorsqu'il s'arrête brusquement pendant la nuit (et surtout en chemin de fer), nous sommes *réveillés par le silence*. Ce phénomène présente une étroite analogie avec celui dont nous sommes témoins à la surface des vastes océans, comme l'Atlantique : les vagues désordonnées qui sont produites dans une certaine région sous l'action des tempêtes, se coordonnent peu à peu en progressant et finissent, à quelques milliers de kilomètres du lieu d'origine, par donner une houle régulière.

Le troisième point sur lequel je voudrais appeler l'attention du lecteur, a trait aux propriétés différentes des sons suivant leur hauteur. L' ut_2 des grandes orgues, qui est à la

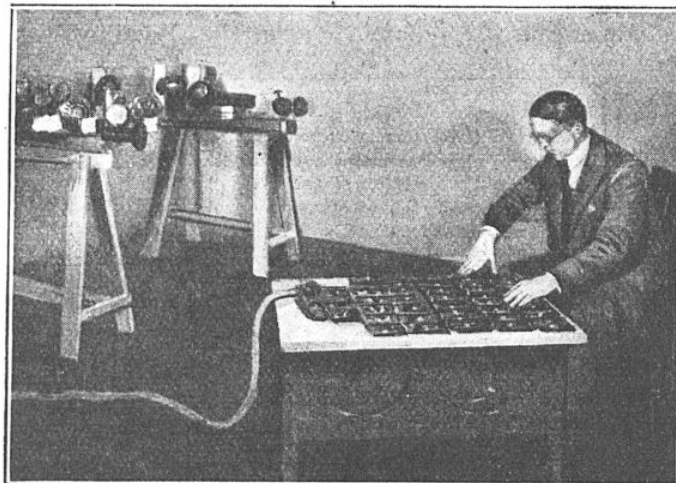
limite des sons graves, correspond à seize vibrations par seconde, et le la_2 des pianos à queue en donne vingt-sept, tandis qu'à l'autre bout des gammes, le la_6 des pianos à queue a pour fréquence 3.500 périodes ; la petite flûte peut même pousser jusqu'au $ré_7$ (4.700 vibrations) ; mais on peut aller beaucoup plus loin, par exemple avec le sifflet de Galton, qui permet, en accroissant la pression du vent, d'atteindre des hauteurs voisines de 30.000 ; on est alors à la limite de ce que l'oreille peut percevoir ; avec des fréquences plus grandes, on entre dans le domaine des *ultra-sons*, utilisés, comme on sait, pour les signaux et les sondages sous-marins.

Il résulte de là que, pour les appareils avertisseurs sonores des automobiles, nous disposons d'un domaine étendu de fréquences.

Jusqu'à présent, on a donné la préférence aux sons graves, parce qu'ils demandent moins d'énergie pour être produits et parce qu'ils se propagent dans toutes les directions sans éprouver d'amortissement sensible.

Mais les sons aigus ont des qualités spéciales qui en recommandent l'emploi : ils peuvent être dirigés dans une direction choisie, où ils se propagent assez loin pour

être perçus, tandis que, dans les autres directions, ils s'amortissent et s'évanouissent promptement. Or, les avertissements sonores, tout comme les signaux lumineux, n'ont pas besoin d'être transmis dans toutes les directions ; c'est exclusivement en avant, et un peu sur les côtés, que leur action est efficace. On peut donc escom-



UN DES MEMBRES DE LA COMMISSION AMÉRICAINE CONTRE LE BRUIT ÉTUDIE, AU LABORATOIRE, LES CARACTÉRISTIQUES DES AVERTISSEURS SONORES POUR AUTOS

ter, pour l'avenir, un progrès acoustique comparable à celui qui résulte de la substitution des projecteurs aux lumières éblouissantes ; mais ce progrès doit être préparé par de sérieuses études.

Au résumé, nous constatons que la croisade pour le silence est prêchée dans les grandes cités et que des résultats appréciables ont été obtenus à Paris. Il s'agit d'un problème d'hygiène sociale : de même qu'il est nécessaire d'enlever les déchets de la vie matérielle, il faut éliminer le bruit, résidu et poussière de notre activité matérielle ; cette œuvre, utile à tous, exige le concours de tous.

L. HOULLEVIGUE.

Dans un congrès scientifique, en Italie, le chef du Gouvernement a déclaré : « Il y a un moment où la Science, quels que soient ses progrès, s'arrête. »

Nous partageons cette opinion, à savoir : l'organisation des forces morales doit compléter celle des forces matérielles.

VERRONS-NOUS, UN JOUR, L'AVION-FUSÉE ?

Par Robert-W.-E. LADEMANN

Il y a plus d'un siècle que furent faites les premières tentatives de propulsion par fusée (1), c'est-à-dire par moteur à réaction directe, utilisant primitivement la combustion de la poudre et maintenant celle des combustibles liquides (essence, etc...). Depuis quelques années, d'audacieux constructeurs n'ont pas hésité à établir, en Allemagne notamment, des voitures automobiles à fusées, qui ont prouvé que la solution du problème était plus proche qu'on ne pouvait tout d'abord le penser. De même, en U. R. S. S., l'étude du moteur à réaction est envisagée dans la première partie du plan quinquennal, et des essais satisfaisants ont eu lieu à Leningrad en 1930. Certes, nous n'en sommes pas encore à l'avion-fusée naviguant à haute altitude (15.000 mètres et au delà), bien que des modèles réduits aient déjà donné des résultats encourageants ; mais il est prouvé aujourd'hui que ni le vide planétaire, ni les basses températures, ni le rayonnement cosmique ne constituent des obstacles insurmontables à son emploi. Du point de vue scientifique, l'avion-fusée est donc possible. Toutefois, avant d'envisager les voyages à travers les espaces sidéraux, on peut dès maintenant voir dans la fusée un puissant moyen d'investigation, tant au point de vue météorologique qu'à celui des recherches physiques dans la haute atmosphère (stratosphère). Il n'est pas téméraire non plus de concevoir le transport postal rapide par fusée. Dans le domaine des applications de la fusée à la propulsion, des problèmes du plus haut intérêt scientifique font appel à la sagacité des chercheurs.

LES progrès les plus importants que l'on réalise actuellement en aviation consistent presque uniquement dans l'augmentation de la puissance des moteurs ou l'accroissement rationnel des dimensions des types d'appareils déjà existants. La *finesse aérodynamique* qu'il est possible d'atteindre aujourd'hui, grâce à l'expérience acquise en matière de vol à voile et aux travaux des techniciens de l'aérodynamique, est trop souvent impossible à réaliser pratiquement, par la faute des usagers mêmes et des innombrables conditions qu'ils imposent. Malgré tous les efforts, on ne peut s'attendre à une amélioration considérable des performances réalisées jusqu'ici — même le ravitaillement en vol ne constitue qu'un expédient et non un progrès fondamental de principe. *L'aviation contemporaine ne remporte de succès que dans le cadre de la continuité de son développement*, et non plus par suite de nouvelles grandes découvertes.

Le moteur à réaction fonctionne mieux dans le vide que dans l'air

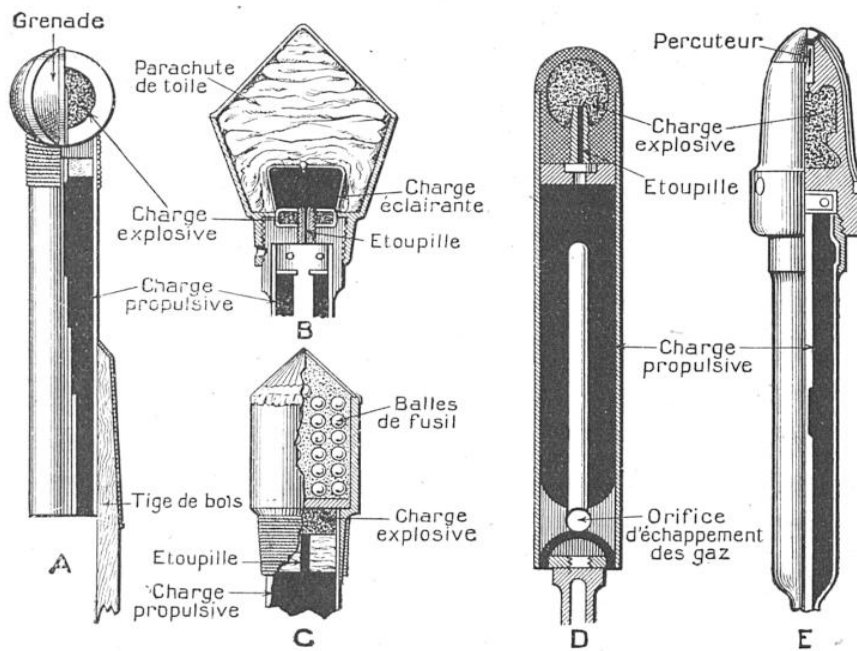
Le moteur à réaction, cet arrière-petit-fils de la fusée des siècles passés, vit et travaille indépendamment de la composition et de la densité des couches d'air qui l'entourent. Il

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 131, page 369, et n° 159, page 199.

fonce en se gouvernant lui-même à travers l'atmosphère gazeuse terrestre et les espaces cosmiques illimités, avec comme unique appui le jet brûlant de gaz qui s'échappe de ses tuyères hurlantes.

Personne ne peut mettre en doute qu'une telle fusée puisse voler ; mais on peut cependant ne pas concevoir qu'elle puisse aussi voler *dans le vide* et même voler encore mieux. Ce n'est pas là le fait d'une expérience *a priori*. Imaginons un récipient rempli de gaz à très haute pression et placé dans le vide ; aussi longtemps qu'il sera entièrement fermé de tous les côtés, il restera immobile ; mais, si nous pratiquons une petite ouverture sur un côté quelconque, le gaz va se précipiter au dehors en se détendant et, sous l'effet de la réaction, le réservoir à gaz se déplacera dans la direction opposée.

Lorsqu'on opère dans l'air, il faut tenir compte, de plus, du choc que les molécules du gaz qui s'échappent exercent sur les couches d'air voisines, que nous appellerons « effet de recul » avec le professeur américain Goddard. Un tube en forme d'entonnoir utilise au mieux la force d'expansion des gaz brûlants qui s'échappent de la paroi, de sorte que ce travail de détente des gaz, y compris le recul et le rebondissement, constitue tout simplement le travail moteur. Evidemment, l'action des gaz très chauds



TYPES DE FUSÉES DE GUERRE A BAGUETTES DE DIFFÉRENTS MODÈLES, EXPÉRIMENTÉES IL Y A ENVIRON UN SIÈCLE

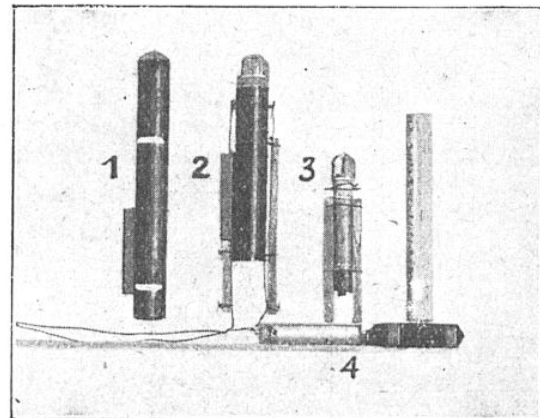
A, fusée-obus de 1820, dont la grenade à la partie antérieure avait 8 cm 5 de diamètre et la baguette de bois près de 1 mètre de longueur ; B, fusée éclairante à parachute de 1820 ; C, fusée à baguette de 1800, garnie d'une boîte cylindrique en tôle contenant des balles de fusil, que l'explosion de la fusée doit projeter dans toutes les directions ; D, une des premières fusées rotatives : les gaz provenant de la combustion de charge propulsive s'échappaient par quatre orifices à la base de la fusée ; la baguette était vissée dans l'axe de la fusée ; E, fusée explosive percutante, employée par l'armée autrichienne. Certaines de ces fusées portaient à près de 10 kilomètres.

et à très haute pression ne dépend que pour une faible partie de la réaction de l'air, mais cependant les gaz se détendent beaucoup mieux lorsque la pression de l'air est faible. Le rendement s'élève de telle manière que, dans le vide, on peut, d'après des mesures, compter sur une utilisation de l'énergie supérieure d'environ 22 %, bien que « l'effet de recul » ne soit plus à considérer.

Lorsque la pression dans le réservoir croît, les gaz traversent la tuyère à une vitesse de plus en plus grande. Le rapport entre l'énergie que possèdent ces gaz rapides et l'énergie calorifique du combustible est appelé *rendement thermique*. Il dépend principalement du rapport des pressions — pression interne dans la chambre de combustion et pression externe devant les tuyères. Les fusées ordinaires à poudre n'utilisent pas plus de 2 à 3 % de l'énergie calorifique de leur combustible, la poudre ; certaines fusées de signalisation, un peu plus perfectionnées, vont jusqu'à 5 %, et les fusées d'Oberth entre 5 et 6 %. Goddard put mesurer des

rendements atteignant 70 % avec ses fusées à poudre de chasse ! On voit donc qu'en résumé un moteur à réaction bien compris doit pouvoir utiliser entre 50 et 70 % de l'énergie calorifique du combustible. Ces chiffres sont extraordinairement élevés, si l'on considère seulement que les meilleures machines thermiques de notre temps, les moteurs Diesel, donnent au maximum 35 % ! Sur les photographies des autos-fusées d'Opel, Volkhardt, Valier, celles des essais de combustibles d'Oberth, etc., on peut voir constamment des langues de flammes de plusieurs mètres de longueur s'échapper des tuyères, ce qui montre bien l'énorme gaspillage

d'énergie calorifique, qui est encore accru par la forme défectueuse des tuyères.



MODÈLES DE FUSÉES POUR SIGNAUX, EN USAGE VERS 1910

1, fusée « Coston », utilisée dans la marine ; 2 et 3, fusées courantes à tige ; 4, petite fusée américaine de signalisation.

Les travaux de l'Américain Goddard

Les fusées du professeur Robert H. Goddard donnent des résultats tout différents. Les gaz de la combustion sont très peu visibles — il n'est plus du tout question de formation de flammes — de sorte qu'il est très difficile de les photographier dans le laboratoire complètement obscur. L'énergie calorifique des gaz était si bien utilisée dans ces expériences que ceux-ci étaient à peine lumineux. Le rendement de la fusée d'essai, construite en acier à haute résistance, atteignit, comme nous l'avons dit, vingt fois le rendement thermique des fusées normales. Le fonctionnement des fusées Goddard fut étudié au moyen d'un pendule balistique, dont on mesurait les déviations angulaires et sur lequel reposaient les fusées d'essai (voir figure page 107).

Le professeur Goddard travaille ces questions en savant et en ingénieur depuis 1899; depuis 1909, il creuse l'idée de la fusée à liquide et de la fusée multiple. Il termina vers 1916 ses premières grandes séries d'essais, entrepris avec des tuyères et de la poudre. Il faut, naturellement, tenir compte qu'il était aidé dans son entreprise par l'État américain et de nombreux mécènes, comme le célèbre banquier américain Guggenheim, à qui l'aéronautique doit tant.

Le docteur Lyon suivit la même voie en 1929-1930, lorsqu'il mit à l'essai ses maquettes, lesquelles ressemblaient fort, extérieurement, à des grenades munies d'ailettes, tandis que les fusées volantes de Goddard avaient plutôt la forme plus rationnelle d'une torpille marine et utilisaient des combustibles liquides.

La fusée préoccupe le monde technique depuis plus d'un siècle

Des tentatives similaires — à vrai dire très incomplètes — avaient été entreprises déjà, entre 1912 et 1914, par le savant russe

Konstantin Eduardowitch Ziolkowsky dont les brillants travaux ont servi de modèles à de nombreux chercheurs, particulièrement Valier, Oberth, etc. Malheureusement, par la suite, Ziolkowsky se livra uniquement à des travaux scientifiques; son premier ouvrage, qui fait date, parut déjà avant la guerre et fournit une théorie complète des phénomènes qu'il étudiait. Ses élèves russes, comme Zander, Kondratjuk, Rynin, etc., poursuivent actuellement ses travaux.

Le troisième grand pionnier moderne est

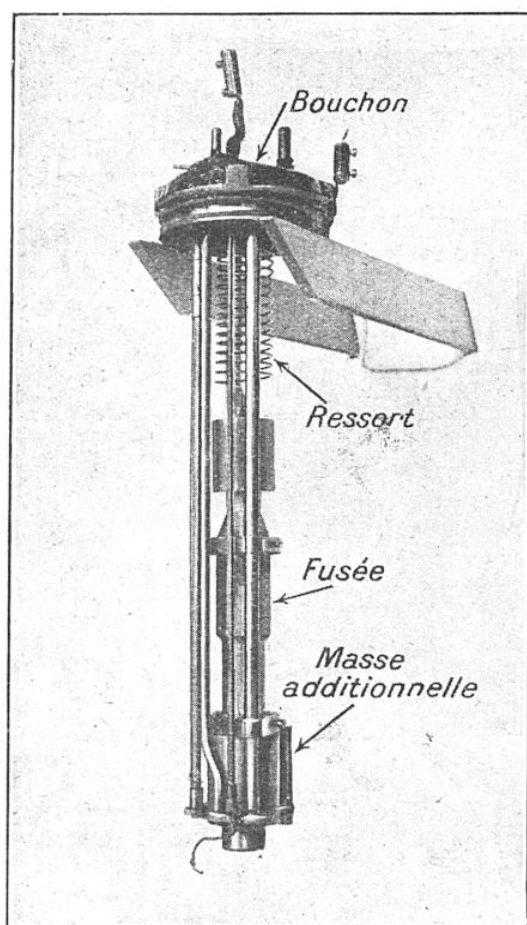
l'ingénieur chimiste Pedro Paulet, de Lima (Pérou), dont les essais se poursuivirent entre 1895 et 1897. Ses appareils et ses moyens étaient d'une nature extraordinairement simple. Malheureusement, il ne nous en reste que cette description : « Dans la partie supérieure de la fusée creusée à l'intérieur, en forme de cône de 10 centimètres de haut, et dans la base ouverte de 10 centimètres de diamètre, on introduisit par des canalisations opposées et munies de soupapes, d'un côté du peroxyde d'azote, et, de l'autre, de l'essence (faisons remarquer, à ce propos,

que les essais effectués par Opel et Oberth, d'après ces indications, n'aboutirent à aucun résultat.) L'étincelle électrique d'une bougie d'allumage provoqua l'explosion à mi-hauteur de la fusée. » C'est tout ce que nous dit le premier rapport historique sur une fusée à liquide qui, sans interruption, pendant une heure entière, put soulever son propre poids de 2 kg 500 et exercer de plus une force moyenne de 90 kilogrammes sur un dynamomètre! Le nombre des explosions atteignait, d'après Paulet, trois cents par seconde.

C'est ainsi, en résumé, que le XIX^e siècle put assister, dans ses premières années, au grand développement des fusées à poudre, grâce à Montgéry, Congreve et Schuismacher, et, dans ses dernières, à la démonstration de la possibilité de réaliser un moteur



LE PROFESSEUR AMÉRICAIN ROBERT H. GODDARD, DANS SON LABORATOIRE, AVEC UNE DES FUSÉES D'ESSAI QU'IL CONSTRUISIT VERS 1915.



DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL UTILISÉ PAR LE PROFESSEUR AMÉRICAIN H. GODDARD POUR L'ESSAI DES FUSÉES

L'ensemble de ce mécanisme est fixé, grâce au bouchon, à la partie supérieure et à l'intérieur d'un tube d'acier (voir figure ci-contre), dans lequel on a fait le vide. Pendant son fonctionnement, la fusée exerce sur le ressort une certaine force dont on étudie les variations au moyen d'un dispositif d'enregistrement approprié.

de fusée à liquide capable de fonctionner pendant une heure entière.

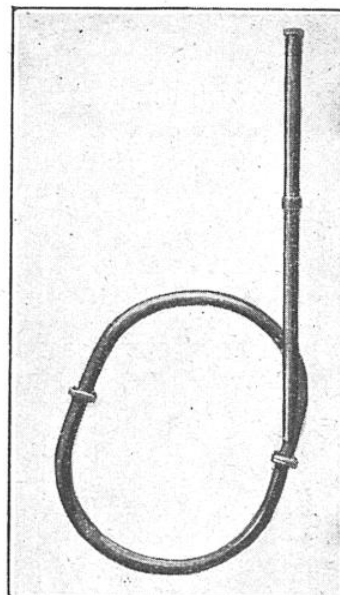
Le développement des fusées et des moteurs à réaction dans les trente dernières années nous fournit, tout d'abord, en tant que nouveautés dignes d'être mentionnées, les *fusées à grêle* du Suisse Muller, d'Emmishofen, capables d'atteindre entre 800 et 1.300 mètres et dont on se sert, aujourd'hui encore, comme fusées normales à baguettes, longues de 25 à 35 centimètres, avec un calibre compris entre 3 et 4 centimètres. Puis viennent l'ingénieur Maul, de Dresde, et

sa *fusée photographique*, dont le grand modèle de 1912 portait un appareil photographique de 20 x 25 centimètres avec objectif de 28 centimètres de distance focale. Son poids atteignait 42 kilogrammes pour monter à 800 mètres. Cette très belle invention perdit cependant toute sa valeur pratique à la suite des résultats obtenus avec des avions. Les travaux des usines Krupp, avec la collaboration du lieutenant-colonel suédois v. Unge, à Meppen, sont aujourd'hui plus connus. Les *grenades fusées* de ce dernier étaient de pures fusées rotatives, d'après celles de Hale (U. S. A., 1846); mais leur peu de stabilité et le peu de précision du tir conduisirent, en 1909, à cesser les essais.

Le laboratoire allemand d'essai des torpilles de Kiel s'occupa également du problème de la *torpille-fusée sous-marine*, une réminiscence des fusées de combat du grand maître armurier Konrad Kyesser von Eichstaedt. Malgré la valeur considérablement plus élevée de la vitesse obtenue, il n'a pas été

possible, là non plus, d'éviter l'instabilité de la trajectoire, écueil sur lequel sont venues échouer, vers 1860, toutes les conceptions de fusées de toutes les armées. C'est qu'à cette époque, les progrès accomplis et les expériences faites depuis, en matière de stabilisation gyroscopique et de télémechanique, faisaient complètement défaut.

Un progrès considérable résulte des travaux, presque complètement ignorés dans cet ordre d'idées,



TUBE D'ACIER UTILISÉ PAR LE PROFESSEUR AMÉRICAIN GODDARD POUR L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES FUSÉES DANS LE VIDE

La boucle du bas est destinée à éviter que les gaz provenant de la combustion de la poudre rebondissent sur l'extrémité inférieure du tube et viennent fausser les mesures effectuées sur la fusée à l'étude placée à la partie supérieure.

de la Société Anonyme des Turbomoteurs, à Paris, dont la turbine à essence, construite en 1905, possédait un ensemble de tuyères présentant une analogie frappante avec le système du professeur roumain Oberth. Les tuyères fonctionnèrent à Paris en donnant toute satisfaction, mais les roues à aubes de la turbine n'étaient pas capables de résister aux efforts auxquels elles étaient soumises.

Dans les dernières années avant la guerre, on peut citer encore l'éminent ingénieur français Lorin, dont les efforts, cependant, au point de vue technique, ne furent pas couronnés de succès, puis le docteur André Bing, un savant belge, qui fit breveter le système indiqué par le capitaine Montgéry, en 1827, concernant les *fusées multiples* placées les unes au-dessus des autres. Un des plus grands ingénieurs actuels, M. Robert Esnault-Pelterie, se fit également un nom dans le domaine des fusées par ces nombreuses publications théoriques spéciales concernant la navigation dans les hautes couches de l'atmosphère et dans l'espace interplanétaire (1). Le professeur suédois Birkeland s'occupa, au contraire, d'essais pratiques dans un vide très poussé.

Les fusées de cette époque eurent toutes un destin tragique. Birkeland mourut à son retour d'un voyage en Égypte, et les résultats de ses expériences furent perdus. Lorin ne fit aucun essai pratique, car, au dernier moment, la déclaration de guerre enleva à cet éminent ingénieur la possibilité de mettre en œuvre ses idées. Paulet dut interrompre ses recherches à cause de la toxicité du

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 131, page 369.

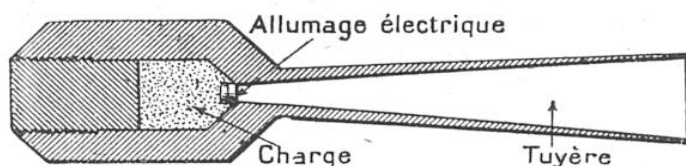
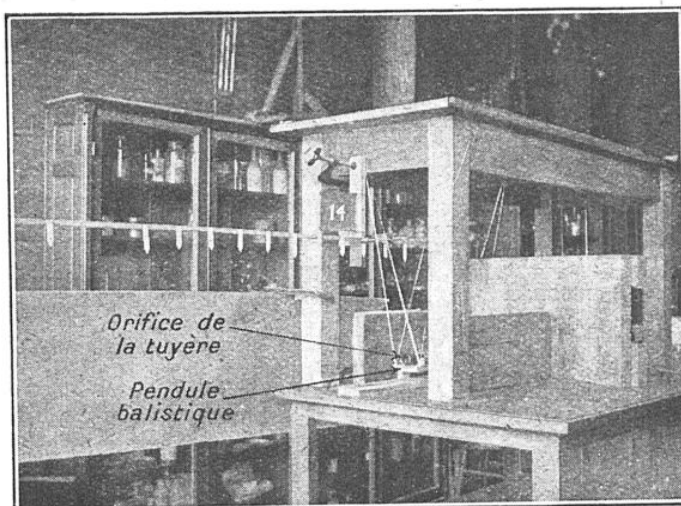


SCHÉMA DE LA FUSÉE UTILISÉE PAR LE PROFESSEUR AMÉRICAIN GODDARD POUR L'ESSAI DES COMBUSTIBLES

Le bouchon d'acier, vissé derrière la charge de poudre, peut être remplacé par d'autres bouchons de différentes épaisseurs, de manière à faire varier le volume de la chambre contenant la poudre. L'allumage électrique a lieu grâce à un fil de platine enroulé autour de deux petits disques de carton.



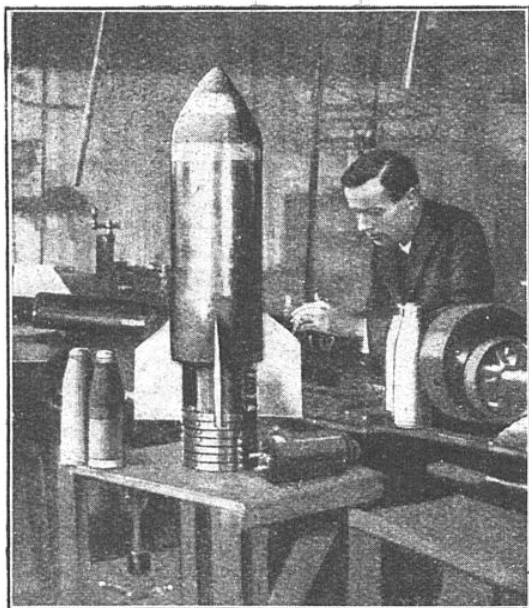
L'ESSAI DES FUSÉES AU PENDULE BALISTIQUE DANS LE LABORATOIRE DU PROFESSEUR AMÉRICAIN GODDARD

Le pendule balistique, pesant 70 kilogrammes, se compose d'une planche sur laquelle est fixée la fusée à étudier et qui, lorsque cette dernière fonctionne, se déplace sous l'effet de la réaction, parallèlement à elle-même, grâce à son dispositif de suspension. Son déplacement permet de calculer la vitesse d'éjection des gaz de la combustion et le rendement thermique de la fusée.

peroxyde d'azote. Ziolkowsky fut abandonné par ses collaborateurs. Oberth lui-même renonça, et les autres projets d'alors n'étaient pas encore au point.

Une importante invention : Le propulseur-trompe du Français Melot

Pendant la Grande guerre, les fusées ne jouèrent pas un rôle bien important, si ce n'est en pyrotechnie et peut-être, çà et là, pour transmettre les nouvelles. Au point de vue scientifique, elles sommeillent, et, en balistique, il y a plus de soixante-dix ans qu'elles ont dû céder la place aux armes rayées se chargeant par la culasse. Dans les dix dernières années apparut en premier lieu, en France, le *propulseur-trompe* de Melot, dont l'originalité consiste en ce que les gaz d'échappement aspirent de grandes quantités d'air par des fentes annulaires placées sur les côtés de la tuyère (d'où le nom de tuyère à anneau), de la même manière que les trompes à vapeur. On multiplie ainsi la masse de gaz sortant de la tuyère en même temps qu'on abaisse la vitesse de sortie. Ces deux résultats sont avantageux, dans le cas d'un appareil à réaction volant dans l'air, car, avec les grandes



LE DOCTEUR LYON, SAVANT AMÉRICAIN, ET UNE FUSÉE A AILETTES DE SA CONSTRUCTION, QUI FUT EXPÉRIMENTÉE EN 1930

vitesses d'échappement qui se produisent sans cela (jusqu'à 4.000 mètres par seconde avec les vitesses de vol usuelles de 150 ou 200 mètres par seconde), le rendement énergétique maximum auquel on peut parvenir n'atteint que des valeurs beaucoup trop faibles. La construction de ces moteurs est possible sans grandes difficultés et laisse entrevoir des possibilités insoupçonnées ; cependant, on ne dispose encore que de rapports d'expériences de laboratoire, et il ne faut pas oublier que ces moteurs ne peuvent être utilisés avec succès qu'à de très grandes vitesses de vol.

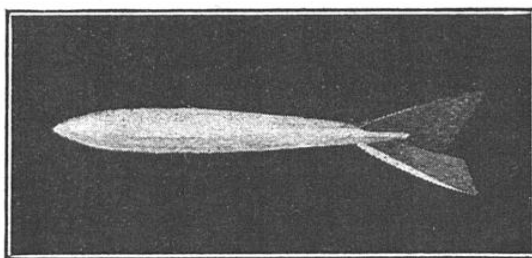
Le propulseur-trompe doit être considéré comme l'invention la plus importante d'après guerre dans ce domaine, ainsi que mes calculs de thermodynamique l'ont démontré. Mais les essais de Goddard devaient avoir un succès encore plus grand. Le 17 juin 1930, à Auburn (Massachusetts), une fusée portant un appareil photographique et un baromètre put démarrer dans de bonnes conditions et permit d'obtenir d'importants résultats. Tout récemment, on a pu assurer également la stabilisation de ces engins au moyen d'appareils gyroscopiques. D'autres essais pratiques ont eu lieu en Allemagne avec de la poudre ou des explosifs. On utilisa, suivant les cas, des automobiles, des traîneaux et, une fois même, un bateau auto-

mobile. Les autos-fusées d'Opel, Volkhardt, Valier, Sander, ont eu, en 1724 — et cela est très curieux — un précurseur de plus grande valeur, l'auto à vapeur de s'Gravesande. Ce grand physicien hollandais et ami de Newton laissait échapper, par un tuyau placé à l'arrière de la voiture, la vapeur d'eau produite dans une chaudière. Par ce moyen, la voiture devait se mettre en mouvement ; il n'a pas été cependant confirmé d'une manière certaine qu'il y soit parvenu.

Ces « voitures du diable » sont plus des fantaisies entourées de légendes que des inventions techniques. Leurs fusées ne sont pas remplaçables pendant la marche et il n'existe aucune possibilité de les recharger. Il n'existe pas de mécanisme capable de résister à de rapides augmentations de pression allant jusqu'à 4.000 atmosphères, à de grandes vitesses des produits de la combustion, dépassant 2.000 mètres par seconde et à des températures atteignant 3.000°. La matière même du mécanisme ne peut suivre les gaz. Par contre, on peut lancer une fusée à liquide et la gouverner comme un moteur ordinaire ; celles de ses parties qui sont très éprouvées au point de vue mécanique et thermodynamique résistent ; c'est un avantage qu'elle conserve encore sur les turbines à gaz.

La fusée et les voyages interplanétaires

On a dit que la fusée constituait le moyen de transport dans l'espace interplanétaire, en même temps qu'on amoncelait les objections : un certain nombre de celles-ci sont purement imaginaires, en particulier le vide de l'espace infini, le danger que présentent les basses températures, voisins du zéro absolu, le rayonnement dur de Kohlhoerster, l'impossibilité de s'alimenter, les collisions avec les météores et tout ce que



FUSÉE, CONSTRUITE PAR LE PROFESSEUR ROUMAIN OBERTH, EN MÉTAL « ÉLEKTRON »

Les ailettes placées à l'arrière donnent à cette fusée l'allure d'une bombe d'avion américaine, mais sont cependant inutiles pour la stabilité dynamique d'un tel engin qui exige l'emploi d'un gyroscope stabilisateur, selon les calculs de l'auteur.

l'imagination peut inventer de semblable.

En premier lieu, le *vide* : en fait, c'est lui qui rend le voyage possible ! Aucun véhicule ne pourrait jamais emporter suffisamment de combustible pour parcourir 40 millions de kilomètres et plus ; mais on conçoit très bien qu'il puisse, comme tout corps céleste, entrer dans une orbite képlérienne et, sans consommation de combustible, parcourir à volonté de grandes distances dans le vide. Le mouvement se continuera presque sans fin dans l'espace, grâce à la vitesse et à la direction initiales.

Passons à la *température du zéro absolu* : c'est un épouvantail qui n'existe à la lettre que dans les romans, car les rayons du soleil frappent et échauffent le véhicule interplanétaire, comme ils font de tout corps céleste, de telle sorte que les échanges de chaleur ont lieu d'une manière tout à fait différente de ce que l'on pourrait penser et qu'il faut même prévoir un dispositif de refroidissement.

Contre le *rayonnement dur*, il existe suffisamment de moyens de protection, et, d'ailleurs, le danger, de l'avis même du savant qui l'a découvert, est beaucoup moindre qu'on ne croit généralement. En tout cas, il n'y a là aucun empêchement sérieux.

Les *collisions entre les corps célestes* ne doivent se produire, d'après les calculs du professeur Goddard, que tous les deux ou trois siècles.

Pour l'*impossibilité de s'alimenter*, c'est à peu près comme si vous prétendiez qu'un



CE PETIT MODÈLE D'AVION PROPULSÉ PAR FUSÉES A DONNÉ, AUX ESSAIS, EN ALLEMAGNE, MALGRÉ SA GRANDE SIMPLICITÉ DE CONSTRUCTION, LES RÉSULTATS LES PLUS ENCOURAGEANTS.

enfant bien portant ne peut manger sur une balançoire et qu'un acrobate ne peut boire la tête en bas.

Ce sont des problèmes autrement réels et inquiétants que posent la *résistance de l'air* et la *pesanteur*, qui constituent en quelque sorte une double cuirasse à notre terre. Si une fusée démarrait comme un projectile, immédiatement avec sa plus grande vitesse, la résistance à l'avancement serait alors beaucoup plus forte et, par suite, l'accélération atteindrait des valeurs dont on ne pourrait se rendre maître. Mais la fusée commence à se déplacer lentement et n'atteint sa plus grande vitesse qu'au delà de l'« air dense », c'est-à-dire au moment où l'une des cuirasses est sans action et où, seule, la pesanteur, c'est-à-dire le poids mort de la fusée, doit être vaincue. C'est là un avantage considérable.



MAQUETTE D'UN AVION PROPULSÉ PAR QUATRE-VINGT-SIX FUSÉES, CONSTRUIT EN AMÉRIQUE

La fusée au service de la météorologie

C'est dans le domaine de la météorologie que les fusées — et, par conséquent, les moteurs de fusées — présentent le plus grand intérêt au point de vue scientifique. Dans l'état actuel de nos connaissances en ce qui concerne les 30 kilomètres inférieurs de l'atmosphère terrestre, nous sommes capables, sans plus, d'envoyer, après quelque six mois de travail, des fusées à au moins 30 kilomètres plus loin ; le plafond de 300 kilomètres n'est plus, ensuite, qu'une question de dimensions d'appareils. Il ne faut pas mésestimer l'intérêt de telles indications : leur valeur inappréciable au point de vue balistique mise à part, elles sont à la base de la technique des transports aériens de demain et de la prédiction des grandes perturbations atmosphériques ; en effet, la distribution des couches de la haute atmosphère et les changements qui s'y produisent ont une grande importance à ce point de vue et il n'est pas possible, avec les moyens dont nous disposons aujourd'hui, de les déterminer avec rapidité et précision.

De plus, il serait possible d'entreprendre, avec de telles fusées atteignant de hautes altitudes, des expériences physiques et chimiques pour lesquelles les conditions à la surface de la terre ne sont pas favorables. Citons encore l'étude des propriétés électromagnétiques des hautes couches de l'atmosphère, et encore les problèmes des ondes courtes et de la radiotélégraphie en rapport avec l'altitude. Au point de vue transport, l'intérêt réside moins dans la réalisation des fantaisies techniques sur les fusées interplanétaires ou les avions-fusées que dans l'utilisation spéciale des moteurs à réaction directe pour fournir de la force motrice d'appoint ; par exemple, pour raccourcir la longueur d'envol d'appareils lourdement ou excessivement chargés, ainsi que d'appareils spéciaux qui doivent être lancés rapidement, comme, par exemple, sur les transatlantiques ou les transports d'avia-

tion (1). Le moteur à réaction directe peut également être avantageux pour obtenir momentanément de très grandes puissances, par exemple sur les avions de course ou de chasse.

Verrons-nous le courrier postal par fusée ?

Enfin, la fusée à grande portée présente une importance considérable en tant que véhicule postal ; elle constitue le seul moyen dont nous puissions disposer pour transporter, en une heure au plus, en un point quelconque de la terre, un message fermé, à l'abri de toute perturbation, à moins de frais et avec plus de sécurité que par radio ou par câble.

On peut augmenter considérablement l'efficacité des fusées en en disposant plusieurs les unes au-dessus ou à côté des autres. On obtient ainsi la *fusée multiple*, avec laquelle la vitesse finale qu'une fusée qui vient de fonctionner a permis d'obtenir, doit être considérée comme la vitesse initiale de la fusée qui va travailler immédiatement après. Comme le rendement

augmente rapidement avec la vitesse, on voit les grands avantages de cette conception, qui est indispensable aux fusées à grande portée.

L'avenir réserve aux fusées, et aux appareils qui en dérivent, des possibilités d'applications jusqu'ici inconnues. Nous

pouvons assister aujourd'hui au prodigieux développement qui, parti de la fusée à poudre, conduit au moteur à réaction, à la propulsion des avions, à la fusée à grande portée et aboutira peut-être, dans l'avenir, au véhicule interplanétaire, de même qu'entre les mains de nos pères le

cerf-volant est devenu l'avion d'aujourd'hui.

Ainsi s'avèrent les paroles de Ferber, ce génial précurseur de la navigation aérienne : « De crête à crête, de ville à ville, de continent à continent. »

ROBERT-W-E. LADEMANN.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 168, page 511.

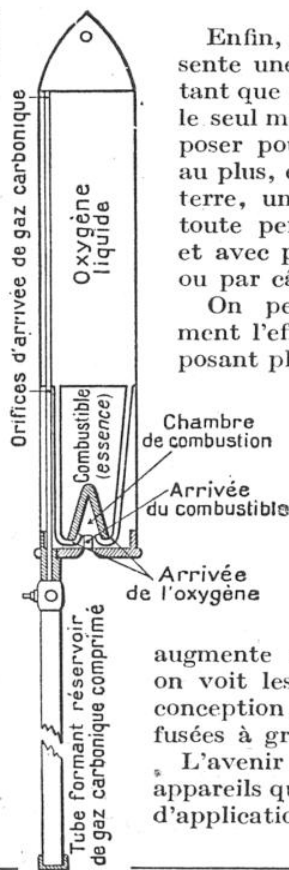


SCHÉMA D'UNE FUSÉE A COMBUSTIBLE LIQUIDE CONSTRUITE PAR LE PROFESSEUR ROUMAIN OBERTH

Le tube à la partie inférieure de la fusée est rempli de gaz carbonique comprimé, qui accède par deux orifices respectivement dans le réservoir à oxygène liquide et dans le réservoir à combustible. Les contenus de ces réservoirs sont ainsi chassés par des canalisations jusque dans la chambre de combustion. Les gaz provenant de la combustion s'échappent vers l'arrière.

VOICI LA NOUVELLE SIGNALISATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G., LICENCIÉ ÈS SCIENCES

Dès l'origine des chemins de fer, la nécessité d'une signalisation rationnelle s'est imposée pour assurer la sécurité des trains. L'augmentation du nombre de lignes, de la vitesse et du tonnage des trains a entraîné l'édification d'un grand nombre de signaux (70.000 en France), destinés à renseigner le mécanicien sur la voie où il va s'engager. Visibilité, sécurité de manœuvre, simplicité, telles sont les conditions auxquelles doit satisfaire une bonne signalisation. C'est pourquoi les couleurs des signaux ont été choisies parmi les plus voyantes, c'est pourquoi la signalisation lumineuse, même de jour (1), tend aujourd'hui à se généraliser. Par ailleurs, le block-system automatique, en diminuant l'intervention du facteur humain, toujours susceptible de défaillance, constitue un nouvel élément de sécurité. Reste la simplicité, c'est-à-dire la réalisation de signaux que le mécanicien ne peut faussement interpréter et ne prêtant à aucune confusion. L'ensemble de ces problèmes vient de faire l'objet des études d'une commission spéciale, dont le programme a reçu l'approbation du ministre des Travaux publics. Dans la future signalisation française, non seulement les significations des couleurs seront modifiées, à part le « rouge » — arrêts — (le « blanc », de « voie libre », qui pouvait être confondu avec un lampadaire d'éclairage des gares, cède la place au « vert » ; le « vert » au « jaune » ; le « jaune » au « violet » ; le « violet » au « blanc lunaire »), mais encore, grâce aux principes du groupement et de la combinaison des signaux, le mécanicien trouvera sur sa route le minimum d'indications, sûres et précises, sur la marche qu'il doit observer. Un délai de trois à cinq ans et une dépense de 70 millions de francs sont prévus pour la transformation des 70.000 signaux français actuels.

AVEZ-VOUS essayé, au cours d'un voyage de jour ou de nuit, de vous pencher par la fenêtre de votre compartiment pour suivre les signaux dont l'observation par le mécanicien garantit votre sécurité ? Bien que vous n'ignoriez pas que le « rouge » commande l'arrêt, que le « vert » donne un avertissement, que le « blanc » signale la voie libre, il est infiniment probable que vous aurez bientôt renoncé à ce petit jeu.

S'il est facile, en effet, de suivre la signalisation en pleine voie, au contraire, dès qu'approche soit une bifurcation, soit une gare, la multiplication des signaux exige une connaissance parfaite de la ligne. Que dire alors aux abords des grands centres où

s'entre-croisent des lignes multiples, où des portiques supportent toute une série de signaux diversement colorés s'appliquant chacun à une voie déterminée ? Cependant, les rapides franchissent sans ralentir des

gares assez importantes où les signaux sont nombreux et, il faut le reconnaître, les accidents dus à une mauvaise interprétation de la signalisation sont extrêmement rares.

On a voulu cependant simplifier les si-

gnaux et éviter toute confusion aux mécaniciens. C'est dans ce but qu'une commission spéciale, composée de techniciens de tous les réseaux français, a été créée et a abouti, après de minutieuses études, à un programme qui a reçu l'approbation du ministre des Travaux publics.

INDICATION	COULEURS DES SIGNAUX	
	SIGNALISATION ACTUELLE	SIGNALISATION FUTURE
Voie libre.....	Blanc	Vert
Ralentissement.....	Vert	Jaune orange
Arrêt.....	Rouge	Rouge
Bifurcation.....	Violet	Blanc lunaire
Voie de manœuvre...	Jaune orange	Violet

TABLEAU DES CHANGEMENTS DE COULEUR PRÉVUS POUR LA FUTURE SIGNALISATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 107, page 373.

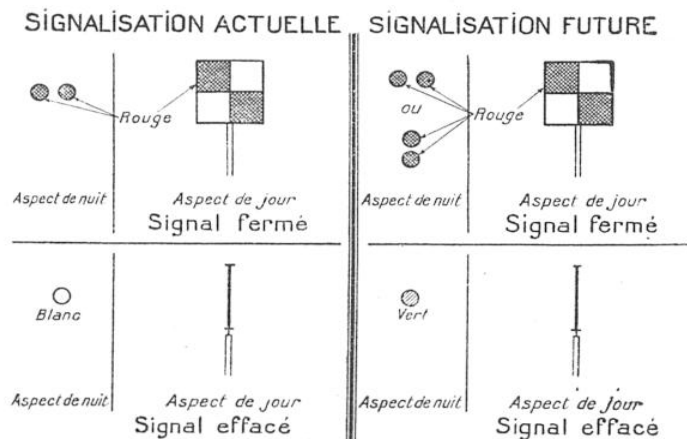


FIG. 1. — L'ARRÊT ABSOLU

Cette indication sera toujours signalée par un damier blanc et rouge ou deux feux rouges (la nuit, ou jour et nuit, s'il s'agit de signalisation lumineuse intégrale). Effacé, ce signal présentera un feu vert au lieu du feu blanc actuel.

Que sera la nouvelle signalisation ?

Il faut noter, tout d'abord, un changement important dans la couleur des signaux. (Le tableau, page 111, indique la correspondance entre l'ancienne et la nouvelle signalisation.)

Pourquoi ce changement de couleurs ? Simplement parce que le feu blanc (voie libre) pouvait être confondu, aux abords des villes, avec les lumières d'éclairage. Un signal éteint accidentellement pouvait donc paraître « au blanc » à un mécanicien si, dans son voisinage, un appareil d'éclairage donnait une lumière analogue. Tant que les signaux furent éclairés avec des lampes à pétrole, la confusion n'était guère possible, la lumière n'étant jamais très blanche. Aujourd'hui, les signaux éclairés à l'électricité présentent une lumière blanche et une intensité de feu qui risquent d'amener cette confusion.

L'adoption du vert pour la voie libre a entraîné *ipso facto* le changement des autres couleurs, sauf pour le rouge qui indique toujours l'arrêt. Elles ont été choisies, comme le montre le tableau de la page 111, de ma-

nière à réserver les couleurs les plus apparentes aux indications les plus importantes.

Ce qu'un mécanicien rencontrera sur sa route

Prenons place, sur la locomotive, à côté du mécanicien qui va conduire un train de voyageurs sur une grande ligne où fonctionne le block automatique et la signalisation lumineuse.

Avant le départ, la voie est fermée par deux feux rouges ou un damier rouge et blanc dans la signalisation non lumineuse de jour (1). Lorsque ce damier

(1) Il va de soi que chaque fois que nous parlerons de damiers ou de disques, il s'agit de la signalisation non lumineuse de jour. De même, les feux de la signalisation lumineuse de jour s'appliquent pour la nuit à la signalisation non lumineuse de jour.

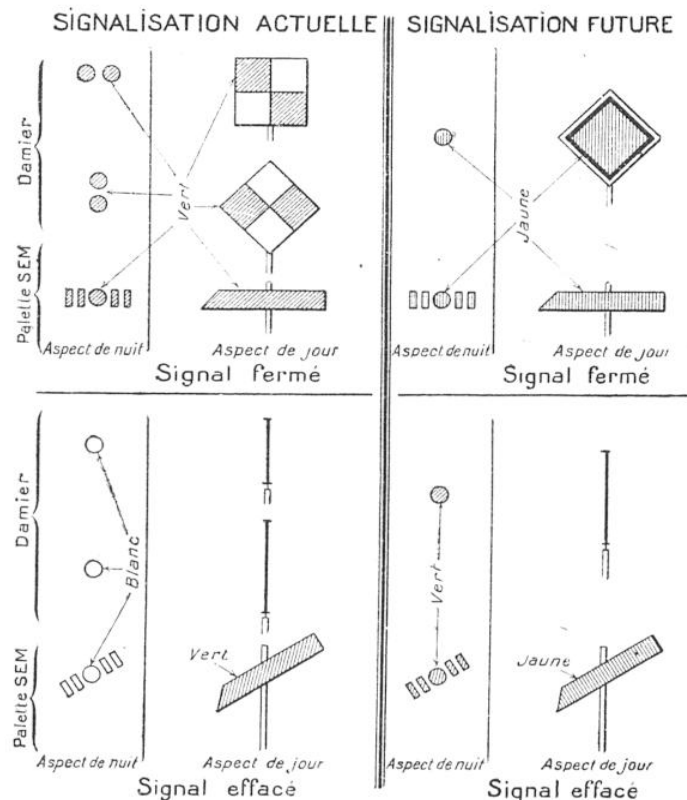


FIG. 2. — L'AVERTISSEMENT

Le damier vert et blanc actuel sera remplacé par un losange jaune entouré d'une raie noire. Aux deux feux verts sera substitué un seul feu jaune. La palette S. E. M. est spéciale au réseau des chemins de fer du Nord.

s'efface ou présente un feu vert, la voie est libre (1).

Nous voici en pleine voie, où la ligne est divisée par le block automatique en cantons sur lesquels un seul train doit être engagé à la fois. Chaque canton est protégé par un sémaphore, dont les indications sont annoncées par un signal d'avertissement. Le mécanicien rencontrera donc successivement ce signal d'avertissement (un feu jaune orangé (2), si le sémaphore suivant est l'arrêt, ou un feu vert (3) et le carré effacé, si le sémaphore donne la voie libre), puis le sémaphore (un feu rouge (4) ou l'aile relevée pour l'arrêt, un feu vert (5) ou l'aile abaissée pour la voie libre).

Peu de changement, par conséquent, à part les couleurs. Cependant, il faut remar-

- (1) Actuellement un feu blanc.
- (2) Actuellement deux feux verts ou un damier vert et blanc.
- (3) Actuellement un feu blanc.
- (4) Actuellement un feu rouge et un feu vert.
- (5) Actuellement un feu blanc.

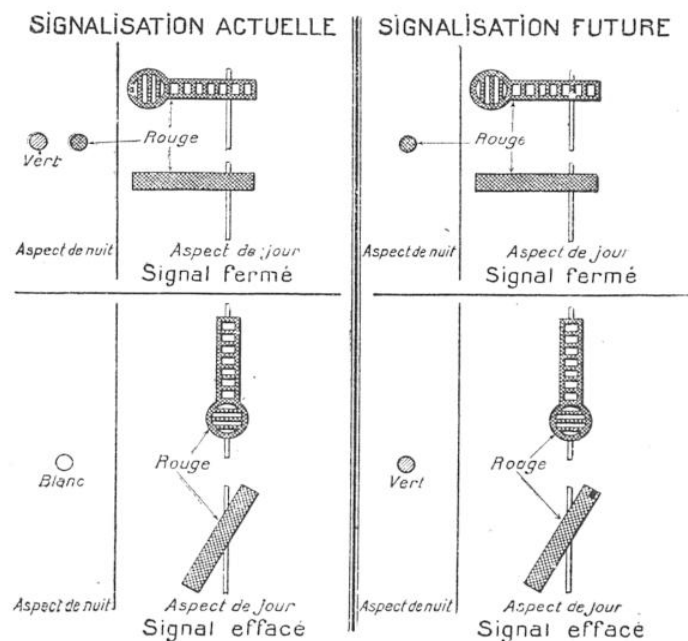


FIG. 3. — L'ARRÊT DE BLOCK, SÉMAPHORE

L'aspect du sémaphore n'est pas modifié. Au lieu d'indiquer l'arrêt par un feu rouge et un feu vert, il ne donnera qu'un feu rouge. La palette inférieure indique qu'un train s'est engagé sur le canton précédent.

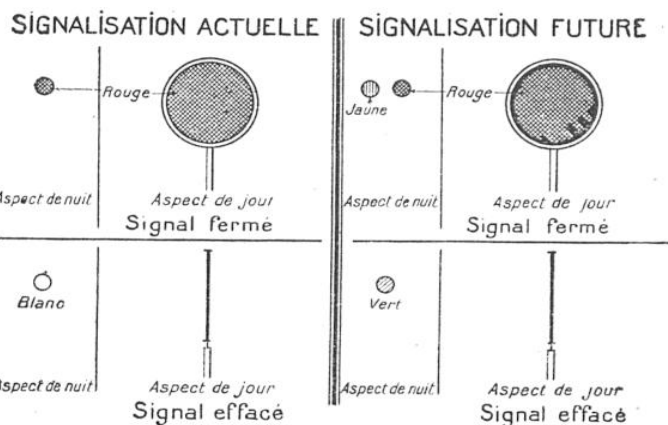


FIG. 4. — L'ARRÊT DIFFÉRÉ

Le disque rouge sera entouré d'un cercle noir. Le feu unique rouge sera remplacé par un feu rouge et un feu jaune. Ce signal est de moins en moins utilisé sur les grandes lignes.

quer l'adoption d'un feu unique (sauf pour le damier rouge et blanc d'arrêt absolu). On sait, en effet, que l'arrêt donné par le sémaphore n'est pas absolu, mais qu'il peut être franchi sur l'initiative des agents du train. Il fallait donc le distinguer de l'arrêt absolu. Dans le cas où le sémaphore devra commander lui-même cet arrêt absolu, un deuxième feu rouge lui sera adjoint.

Mais voici un feu rouge et un feu orangé (1) (disque rouge). Est-ce un arrêt ? Non, simplement l'arrêt différé, de moins en moins utilisé sur les grandes lignes, qui commande l'arrêt à la première aiguille ou au premier poste. Naturellement, le feu vert (2) donne la voie libre.

La voie présente-t-elle un point où un ralentissement est nécessaire ? Deux feux orangés horizontaux ou un triangle jaune, pointe en haut, barré verticalement par une bande de noir, le signalent au mécanicien (3). Effacé, ce signal présente un feu vert (4). Au voisinage des bifurcations, par mesure de sécurité, se trouve le « rappel de ralentissement » (deux feux jaune orangé placés l'un au-dessus de l'autre, ou le triangle jaune pointe en bas, barré horizontalement).

- (1) Actuellement un seul feu rouge.
- (2) Actuellement un feu blanc.
- (3) Actuellement un feu vert ou une cible ronde verte.
- (4) Actuellement un feu blanc.

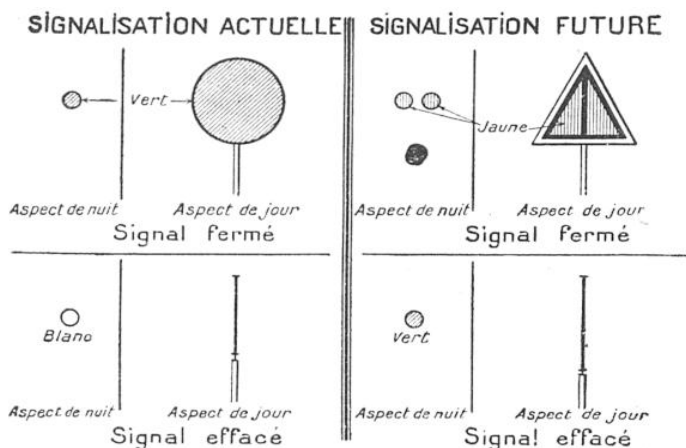


FIG. 5. — LE RALENTISSEMENT

Le disque vert actuel cédera la place à un triangle jaune, pointe en haut, entouré d'une bande noire verticale. Le feu vert sera transformé en deux feux jaunes placés l'un à côté de l'autre.

lement par une bande noire). Pour la voie libre, un feu vert.

Comment seront signalées les bifurcations

A l'approche d'une bifurcation, le mécanicien doit recevoir, outre les indications de voie libre, d'avertissement ou d'arrêt, deux renseignements : l'un concerne la *vitesse* à laquelle il doit franchir l'aiguille ; l'autre est relative à la *direction* qu'il doit suivre.

Au point de vue de la sécurité, c'est la limitation de la vitesse qui présente la plus grande importance. Aussi les réseaux ont-ils décidé d'améliorer cette indication en supprimant, dans un nombre important de cas,

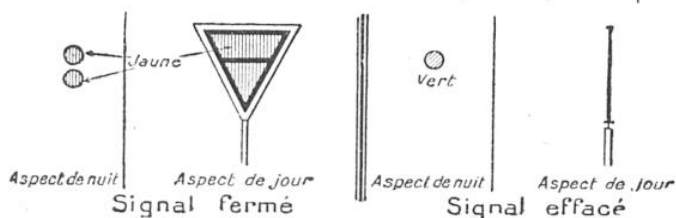


FIG. 6. — NOUVEAU SIGNAL : LE RAPPEL DE RALENTISSEMENT

Destiné à répéter le signal de ralentissement, surtout au voisinage des bifurcations, ce signal sera constitué par un triangle jaune, pointe en bas. Il présentera deux feux jaunes horizontaux.

pour simplifier la signalisation, l'indication de direction. Cette dernière sera donnée au mécanicien au moyen de feux d'un blanc bleuté (dit « blanc lunaire ») ou de bras peints également en blanc bleuté. Le nombre de feux apparents ou de bras abaissés à 45° donnera le numéro d'ordre de la voie pour laquelle l'aiguille est faite.

Les signaux de manœuvre

Le jaune orangé, étant affecté aux signaux d'avertissement, ou de ralentissement, sera remplacé par le violet (actuellement utilisé

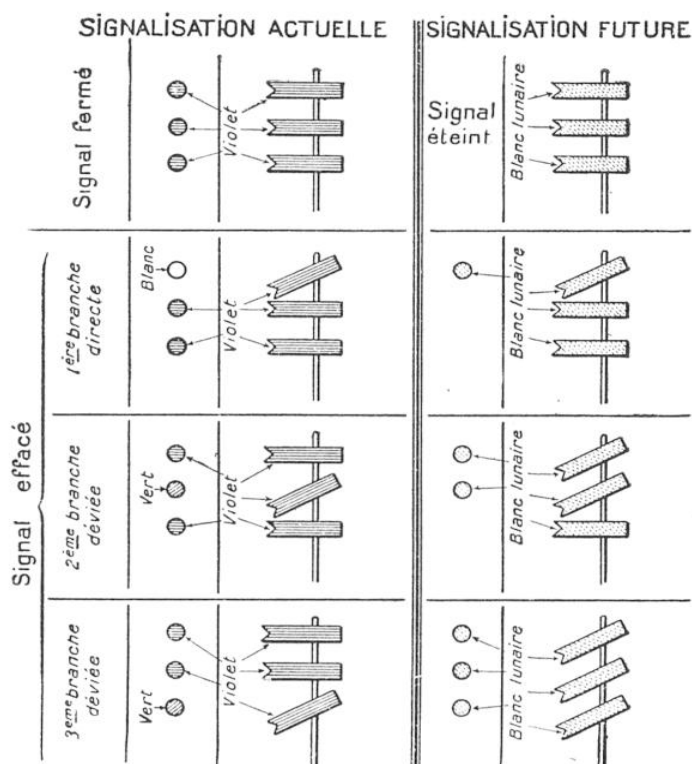


FIG. 7. — LA BIFURCATION

Le numéro de la voie donnée sera connu par le nombre de palettes abaissées ou de feux allumés, et non par le rang du feu allumé.

pour les signaux de direction). Donc, sur les voies de manœuvre, un feu violet ou un carré violet (1) commandera l'arrêt, et un

(1) Actuellement un feu jaune orangé ou un carré (ou un disque) jaune orangé.

feu vert (1) donnera la voie libre.

Les bienfaits de la nouvelle signalisation

Si la signalisation future ne prévoyait que l'aspect des signaux, il faut convenir que le progrès serait bien mince. Aussi, les réseaux ont-ils visé un but plus élevé, grâce à des principes nouveaux dont l'application est susceptible de modifier profondément l'esprit de la signalisation. Cela résulte de la diminution des signaux d'arrêt différé (actuellement disque rouge), de la modification de la signalisation des bifurcations et de la possibilité de grouper et de combiner certains signaux.

Nous avons montré le nouveau signal d'indication de direction. Mais nous avons dit que le mécanicien devait être avant tout renseigné sur la vitesse autorisée. Dans un but de simplification, les réseaux ont adopté un taux unique de ralentissement sur les branches déviées suivant les cas.

Le triangle jaune de ralentissement et le rappel de ralentissement commanderont une marche à 40 kilomètres à l'heure. Quand la

(1) Actuellement un feu blanc.

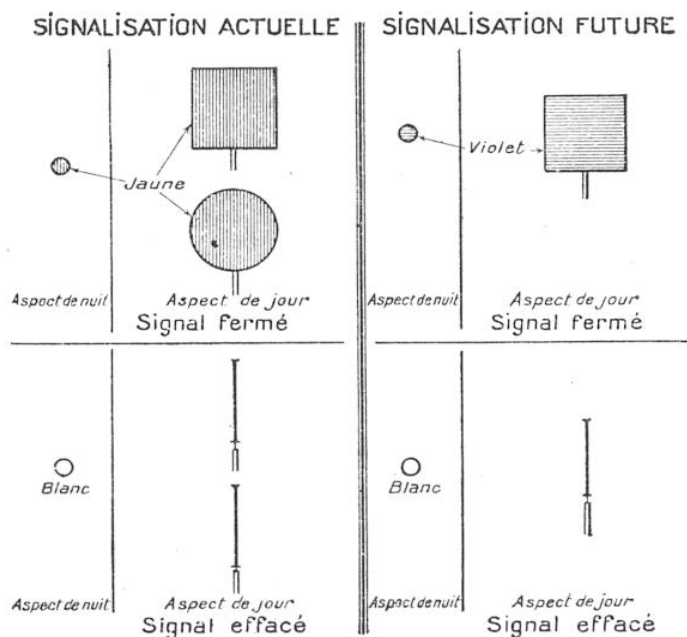


FIG. 8. — LES SIGNAUX DE MANŒUVRE

Le « carré » jaune sera remplacé par un « carré violet ». Exceptionnellement, pour ces signaux, on conserve le blanc pour indiquer la voie libre au lieu du vert,

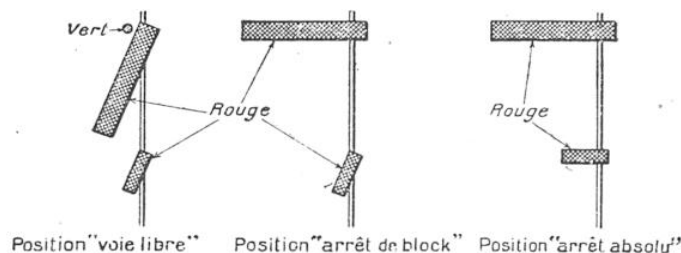


FIG. 9. — EXEMPLE DE GROUPEMENT DE SIGNAUX

Un signal à deux pales peut soit donner la voie libre (ailes abaissées, un feu vert), soit commander l'arrêt de block (la grande aile seule relevée, un seul feu rouge, non représenté), soit donner l'arrêt absolu (les deux ailes relevées, deux feux rouges, non représentés sur la figure).

vitesse autorisée sera supérieure, elle sera indiquée par des panneaux (fig. 10).

Grâce au principe du groupement des signaux, on pourra amener au voisinage immédiat les uns des autres certains signaux. Cette façon de procéder est surtout compatible avec la signalisation lumineuse intégrale (jour et nuit) vers laquelle, d'ailleurs, tendent tous les réseaux.

Ce groupement s'applique particulièrement (fig. 11) au signal d'avertissement et au signal à distance de ralentissement d'une même bifurcation ; au carré d'arrêt et au rappel de ralentissement d'une même bifurcation ; à un signal d'arrêt et au signal d'avertissement de l'arrêt suivant, si la distance de ce dernier au premier n'est pas trop grande.

Le principe de la combinaison des signaux consiste, une fois plusieurs signaux groupés, à ne faire apparaître la nuit, dans ce groupe de signaux, que les indications strictement utiles, en général une seule, la plus impérative. Cela évite, par exemple, de laisser subsister un feu de voie libre, quand une indication plus restrictive est donnée par un signal placé au voisinage immédiat.

Voici un exemple typique, étudié par le P.-L.-M., qui montre éloquentement combien la nouvelle signalisation simplifie les signaux et évite toute confusion (fig. 12). Il s'agit d'une bifurcation prise en pointe, comportant une branche directe franchie en vitesse et une branche déviée pour laquelle il faut ralentir.

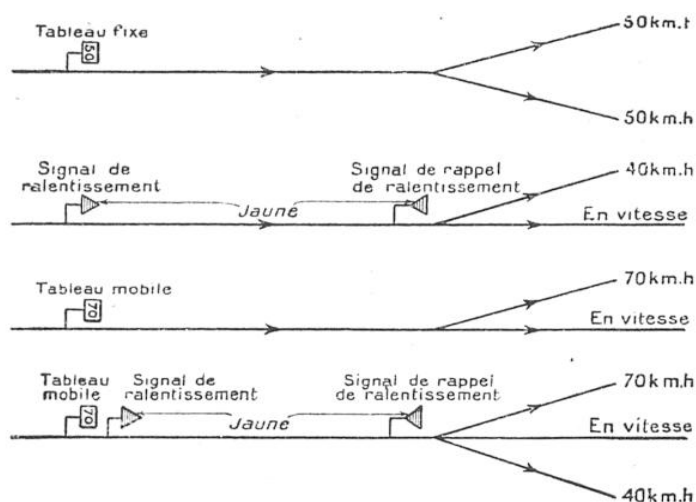


FIG. 10. — EXEMPLES DE SIGNALISATION DE BIFURCATIONS
De haut en bas : 1° Cas de deux branches franchies à 50 kilomètres-heure (un tableau indique la vitesse); 2° Cas d'une branche franchie en vitesse et d'une branche franchie à 40 kilomètres-heure (ralentissement et rappel de ralentissement pour la branche déviée); 3° Cas d'une branche franchie à 70 kilomètres-heure (tableau indicatif); 4° Cas d'une branche franchie en vitesse, d'une branche franchie à 70 kilomètres-heure et d'une branche franchie à 40 kilomètres-heure (tableau, ralentissement et rappel de ralentissement).

Actuellement, le mécanicien rencontre sept signaux différents; demain, il n'en rencontrera que deux (fig. 12). C'est là un résultat vraiment remarquable de la nouvelle technique.

Comment s'opérera le changement de signalisation

Il y a actuellement en France 70.000 signaux. Tous devront être modifiés. On conçoit donc qu'il faille compter sur une durée de trois à cinq ans pour effectuer la transformation prévue. La dépense est estimée de 60 à 70 millions de francs.

Cette transformation pose naturellement au premier plan la question de la sécurité. Les mécaniciens qui obéissent automatiquement, par réflexes, aux signaux actuels ne risqueront-ils pas de confondre, pendant un certain temps, les couleurs des deux signalisations? A cet égard, le remplacement du blanc par le vert pour indiquer la voie libre ne présente aucun danger, puisque le pire qui puisse arriver, c'est que le mécanicien ralentisse, à la vue du vert, au lieu de garder sa vitesse.

Cinq étapes sont prévues pour l'installation de la nouvelle signalisation :

1° Modification des signaux de manœuvre par la suppression du jaune et l'introduction du violet;

2° Modification des autres signaux, à l'exception des sémaphores, par l'introduction du jaune orangé;

3° Transformation des sémaphores par la suppression du vert.

Ces trois premières étapes seront franchies en maintenant le feu blanc de voie libre et en laissant aux feux verts, au cours de la transformation, leur signification actuelle. Lorsqu'elles auront été exécutées, le feu vert aura totalement disparu.

Après un délai convenable, au bout duquel les mécaniciens se seront déshabitués de la signification ancienne du vert, on effectuera les dernières étapes :

4° Remplacement du feu blanc par le feu vert de voie libre;

5° Modification des indicateurs de direction et installation des signaux de rappel de ralentissement.

Ce n'est qu'ultérieurement que les réseaux procéderont aux groupements et combinaisons des signaux.

Cette nouvelle signalisation présente, en outre, l'avantage d'un caractère international. Elle se rapproche beaucoup des signalisations allemande et américaine.

En effet, aussi bien en Allemagne qu'aux

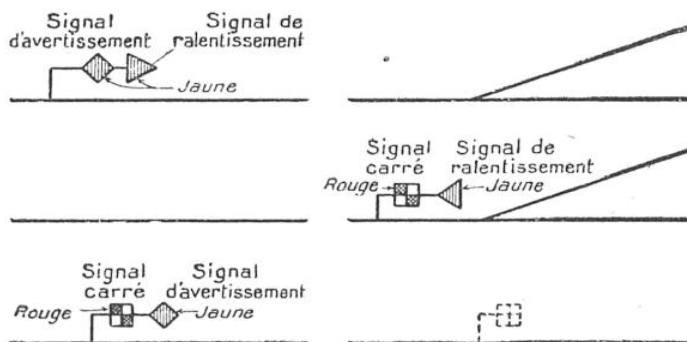


FIG. 11. — GROUPEMENT DES SIGNAUX D'UNE BIFURCATION
De haut en bas : 1° Groupement du ralentissement et du rappel de ralentissement; 2° Groupement du damier rouge et blanc et du ralentissement; 3° Groupement du damier rouge et blanc et de l'avertissement.

Etats-Unis, on constate la présence d'un seul signal à distance des bifurcations, qui peut donner, comme le groupement de signaux étudiés sur le P.-L.-M., trois indications : voie libre (branche directe), voie libre (branche déviée), avertissement. Immédiatement avant la bifurcation, un seul signal pouvant donner également trois indications : voie libre (branche directe), voie libre (branche déviée) et arrêt.

Il est à remarquer qu'aucune indication de direction n'est donnée, et nous avons vu que, dans la nouvelle signalisation française, on ne considèrerait plus cette indication comme indispensable.

Il faut signaler, enfin, l'effort fait par le réseau d'Alsace et la Lorraine pour se rapprocher de la signalisation commune. Les différences qui subsistent (deux feux verts au lieu d'un seul pour l'indication en voie libre du signal d'avertissement, position inclinée et non rabattue le long du mât de l'aile sémaphorique) sont insignifiantes. Ainsi, sur ce réseau, l'avertissement sera donné par un losange jaune entouré d'une bande noire ou par un feu jaune ; le ralentissement sera indiqué par un triangle jaune

pointe en haut, obtenu par effacement de la partie intérieure du losange précédent, ou par deux feux jaunes ; la voie libre sera donnée par l'effacement complet du losange autour d'un axe horizontal ou par deux feux verts.

Le sémaphore donnera trois indications. L'aile horizontale ou un feu rouge marque l'arrêt. L'aile oblique (vers le haut), en même temps que l'apparition d'un triangle jaune pointe en bas, ou deux feux jaunes, l'un au dessous de l'autre, indique le ralentissement. L'aile du sémaphore oblique vers le haut, et, simultanément, l'effacement du triangle jaune avec apparition

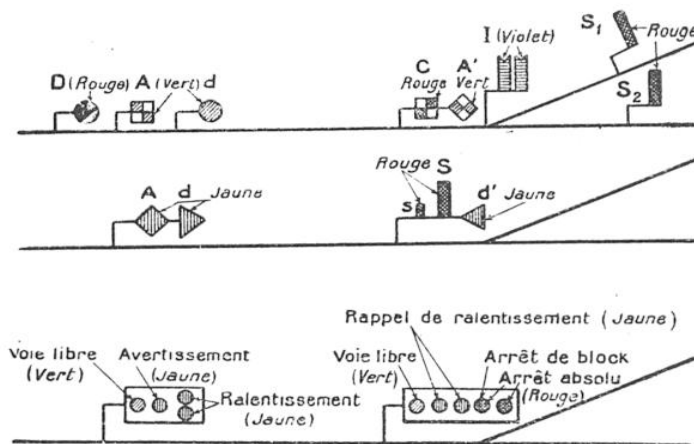


FIG. 12. — GRACE A LA NOUVELLE SIGNALISATION, AU GROUPEMENT ET A LA COMBINAISON DE SIGNAUX, LE MÉCANICIEN DE DEMAIN NE RENCONTRERA QUE DEUX INDICATIONS (UNE PAR GROUPE DE SIGNAUX, SCHÉMA DU MILIEU) AU LIEU DE SEPT (SCHÉMA DU HAUT)

Le schéma du bas représente la signalisation lumineuse correspondant aux signaux de jour indiqué au-dessus.

d'un feu vert donnent la voie libre. Evidemment, on ne pouvait songer à annuler d'un seul coup les solutions actuellement en vigueur. Les dépenses eussent été trop considérables et l'adaptation du personnel trop difficile. Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que la simplification des signaux, jointe à l'adoption généralisée du block-system automatique et à la signalisation lumineuse, ne donne toutes les garanties de sécurité désirables. J. MARCHAND.

En Suisse, 62 p. 100 de tous les chemins de fer fédéraux sont électrifiés (tramways et funiculaires non compris). Si l'on fait exception pour les Etats-Unis, qui ont 2.800 kilomètres de lignes électrifiées, la Suisse, avec ses 2.082 kilomètres de voies normales où est installée la traction électrique, se place à la tête de toutes les nations : devant l'Italie (1.150 kilomètres de grandes lignes et 1.006 de lignes secondaires) et l'Allemagne (les chemins de fer de l'Empire ont 1.544 kilomètres de lignes électriquement exploitées ou en voie d'électrification).

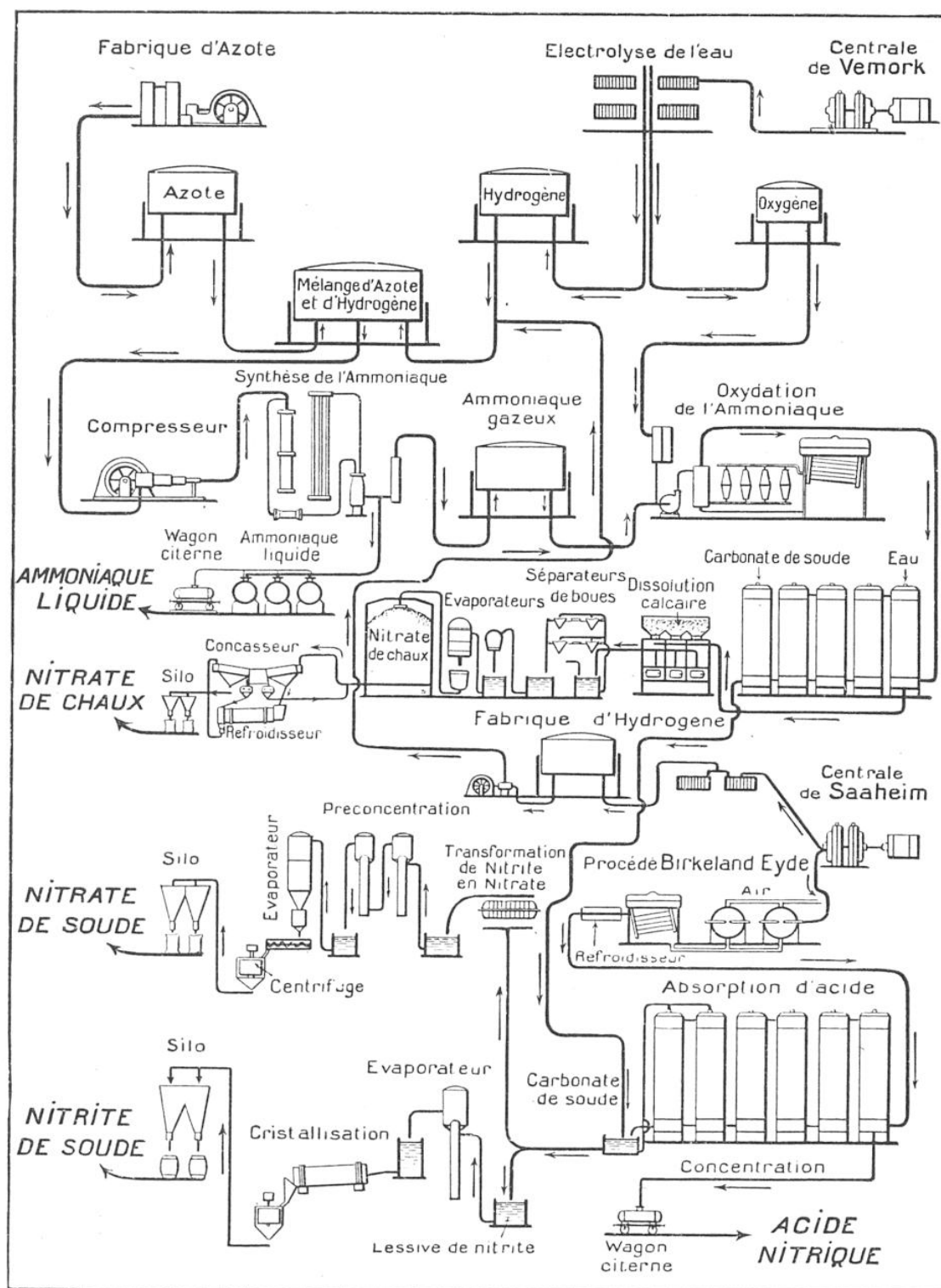


SCHÉMA D'ENSEMBLE DE LA FABRICATION DE L'AMMONIAQUE ET DES ENGRAIS AZOTÉS PAR SYNTHÈSE À PARTIR DE L'AZOTE DE L'AIR, DE L'HYDROGÈNE ET DE L'OXYGÈNE DE L'EAU

L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE GÉNÉRATEUR INÉPUISABLE D'ENGRAIS

Par Christian de CATERS

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Parmi les éléments fertilisants contenus dans les engrais (1) nécessaires à l'enrichissement du sol (azote, phosphore, potasse, chaux), l'azote tient l'une des premières places (2). Malheureusement, cet élément n'est pas, en général, directement assimilable par les plantes, sauf par les légumineuses. Il faut alors faire entrer l'azote dans des combinaisons chimiques assimilables, qui constituent l'engrais. L'air, étant une source inépuisable d'azote, peut donc fournir la matière première qui, par synthèse avec l'hydrogène, donnera naissance à l'ammoniaque. Par synthèse avec l'oxygène, il forme des oxydes d'azote faciles à transformer à leur tour en acide nitrique. La Norvège a conquis, dans cette fabrication d'engrais artificiels, une place prépondérante, grâce aux conditions particulièrement avantageuses dans lesquelles elle peut puiser l'énergie nécessaire à ces transformations. En effet, la houille blanche fournit économiquement cette énergie électrique indispensable à toute industrie électrochimique. La Norvège ne fabrique pas moins de 500.000 tonnes de nitrates par an, sur les 900.000 tonnes représentées par la production mondiale.

L'UN des centres les plus actifs de la prospérité norvégienne est la grande ville industrielle de Rjukan. Celle-ci, qui n'existait pas en 1907, a été fondée et progressivement développée par la Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelfstofaktieselskab (3). Elle groupe aujourd'hui des milliers d'habitants : ingénieurs, ouvriers, employés, commerçants, fonctionnaires, venus s'installer dans cette vallée, sur l'étroit terre-plein le

long de la Maana bondissante, en face des gigantesques usines qui s'étagent sur les pentes de la rive droite.

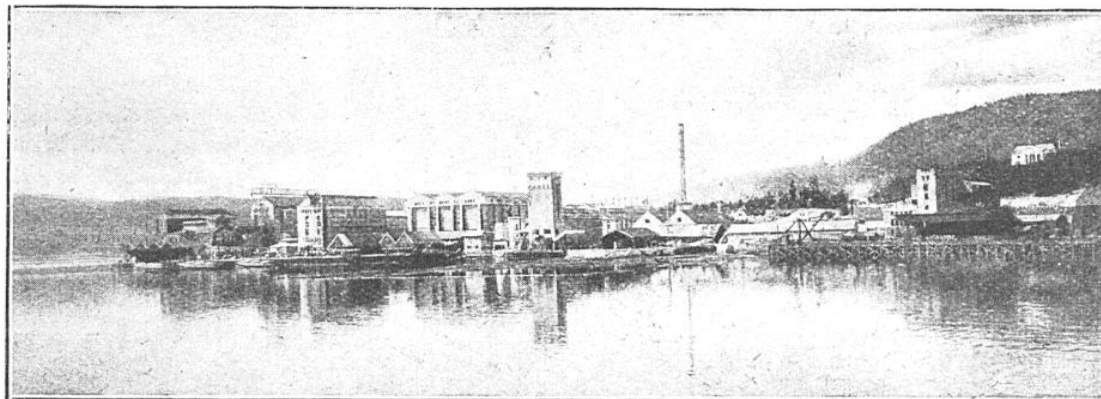
Rjukan : une rue de 5 kilomètres de longueur.

On sait que le monde demande des récoltes toujours plus abondantes pour satisfaire ses appétits croissants ; on ne peut les obtenir qu'en donnant des engrais à la terre. Et comme les engrais naturels, si abondants soient-ils, finiront par s'épuiser, la chimie moderne a eu recours à l'élément inépuisable, à l'air. Elle lui a demandé de fournir rapidement, sous une forme assimilable,

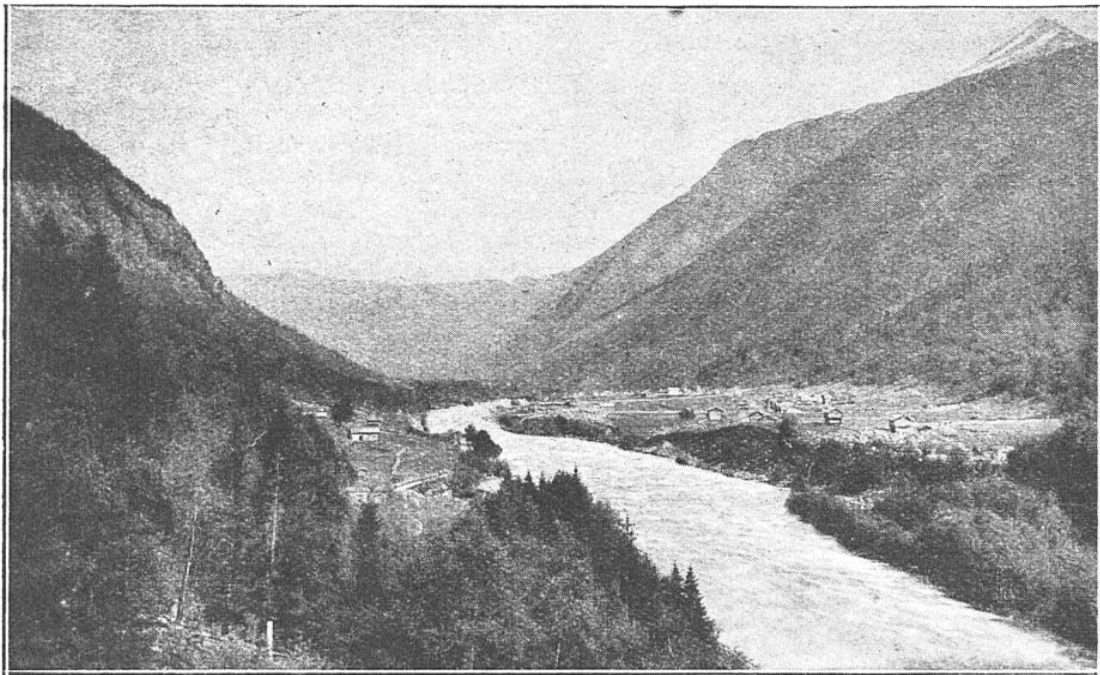
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 134, page 137,

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 135, page 197.

(3) Société norvégienne de l'azote. Les intérêts français y sont importants.



LES USINES DE NOTODDEN, EN AVAL DE RJUKAN, OU ONT ÉTÉ MONTÉES LES PREMIÈRES INSTALLATIONS NORVÉGIENNES POUR LA FABRICATION SYNTHÉTIQUE DES ENGRAIS AZOTÉS, SONT DEVENUES AUJOURD'HUI DES ANNEXES DES ÉTABLISSEMENTS PRINCIPAUX DE RJUKAN



EN 1906, LA VALLÉE DE RJUKAN (NORVÈGE) N'ÉTAIT QU'UN COIN PERDU DE LA PROVINCE DU TELEWARK, AVEC SEULEMENT QUELQUES CHALETs



EN 1930, LA MÊME VALLÉE DE RJUKAN (NORVÈGE) EST DEVENUE UN CENTRE INDUSTRIEL DE PREMIER ORDRE, GRACE AU DÉVELOPPEMENT PRODIGIEUX DES USINES DE FABRICATION DES ENGRAIS SYNTHÉTIQUES À PARTIR DE L'AZOTE DE L'AIR

cet azote qui, jadis, se fixait lentement dans le sol, par le jeu des transformations de la chimie végétale et animale.

La première grande découverte dans ce domaine est, en 1903, celle de Birkeland et Eyde, un savant et un ingénieur norvégiens. Les premiers, ils parvinrent à *faire brûler* de l'air dans un champ alternatif, et sur une véritable nappe de feu atteignant la température de 3.000° . L'azote se combine à l'oxygène pour former des oxydes nitriques. Ceux-ci, absorbés par l'eau, donnent de l'acide nitrique, qui, agissant sur de la pierre à chaux, la transforment en nitrate de chaux, un excellent engrais.

Mais cette technique, simple en apparence, demande, en réalité, une mise au point extrêmement précise et consomme d'énormes quantités d'énergie électrique. La réalisation pratique, traduite par des bénéfices d'exploitation, ne pouvait donc être entreprise qu'à la condition de

disposer de ressources hydrauliques considérables, ce qui est le cas pour la Norvège, et particulièrement pour la vallée de la Maana, où se trouvait la chute de Rjukan, la plus puissante de toute la Norvège en énergie disponible. Le gros avantage de la Norvège est sa situation occidentale, l'action du Gulf Stream sur une région naturellement froide, et aussi la présence d'une haute barrière de montagnes. Les brouillards venus de l'Océan se résolvent donc naturellement en pluie, et la précipitation sur les sommets de l'épine dorsale norvégienne est en partie supérieure à 2 mètres par an : trois fois plus qu'à Paris.

En 1905, la Société mit donc ses premiers fours en marche à Notodden ; dès 1907, elle augmenta son développement par l'instal-

lation des usines de Svaelfoss et Lienfoss, portant sa puissance totale à 68.000 ch ; puis ce fut l'aménagement de la Maana supérieure, autour de sa chute de Rjukan et une puissance de 300.000 ch fut employée à la fixation de l'azote atmosphérique.

A une date toute récente, un nouveau procédé de synthèse a été mis en exploitation et perfectionné. On verra qu'il consiste, non plus à oxyder, mais à hydrogéner l'azote, pour produire de l'ammoniaque, employé à la préparation ultérieure des nitrates.

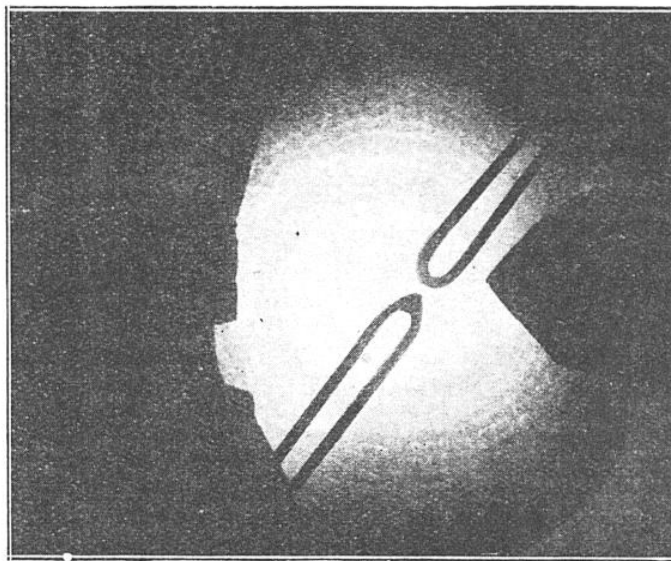
Pour visiter les usines de Rjukan, il faut remonter à ce que l'on peut appeler l'origine des usines, le barrage de Mös vand, qui, à quelques kilomètres en aval, et à quelques centaines de mètres en contre-haut, régularise le cours de la Maana.

Le barrage de Mös vand, long de 180 mètres, forme un lac de 30 kilomètres de longueur, dont le volume d'eau disponible est évalué à 800 millions de mètres cubes.

De la rive droite de la Maana, sur le plateau, partent les onze conduites forcées qui vont à la première station, Vemork ou Rjukan I, dont la puissance n'est pas inférieure à 145.000 ch. Une dérivation a été établie en tunnel dans le flanc de la montagne et, aujourd'hui encore, de certains points du versant opposé, on peut suivre le trajet de ce tunnel, les éboulis de terres rejetées des excavations restant apparents comme de vieilles taupinières dans un herbage.

Mais, plus encore que par la beauté du paysage, le regard est accaparé par la grandeur des installations. On se sent singulièrement petit auprès de ces tuyauteries gigantesques, de ces hautes constructions.

Devant l'usine de force, on a construit de nouvelles usines, en béton armé d'ailleurs,



LE FOUR ÉLECTRIQUE BERKELAND-EYDE POUR LA FABRICATION DES ENGRAIS SYNTHÉTIQUES AZOTÉS

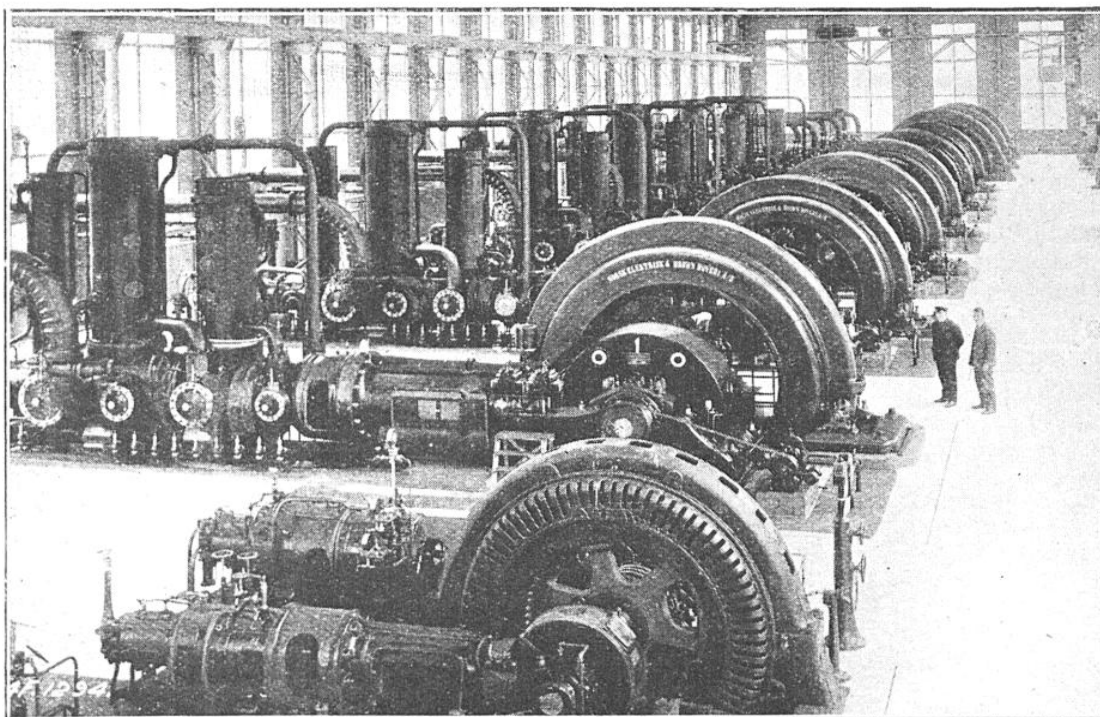
A la température de l'arc, qui atteint 3.000° , l'azote de l'air se combine à l'oxygène pour donner des oxydes d'azote, points de départ de la fabrication du nitrate de chaux utilisé comme engrais.

et d'un type très moderne qui contraste avec l'ancien genre de forteresse en granit. Ce haut, vaste et clair édifice est consacré à la première opération, dans la méthode nouvelle de fabrication des nitrates.

Comment on fabrique l'ammoniaque synthétique

Le procédé Birkeland-Eyde est toujours en usage ; mais on a mis au point, à Rjukan,

la pression suffisante pour qu'il se liquéfie par détente ; puis cet air liquide est soumis à l'évaporation dans les conditions nécessaires pour que l'azote seul s'évapore : autrement dit, l'air liquide est maintenu à une température intermédiaire entre le point d'ébullition de l'oxygène et celui de l'azote. C'est une expérience de laboratoire simple, qui impressionne ici par son ampleur et par les dimensions des appareils.



BATTERIE DE COMPRESSEURS DANS LA NOUVELLE INSTALLATION DE RJUKAN (NORVÈGE)
Ces compresseurs portent la pression du mélange d'hydrogène et d'azote, pour la fabrication synthétique de l'ammoniaque, à 250 atmosphères, nécessaires à la combinaison de ces deux éléments.

une technique différente qui consiste à fabriquer les nitrates à partir de l'ammoniaque.

La première opération consiste dans la préparation d'hydrogène, par simple électrolyse de l'eau. Le bâtiment de huit étages, haut de 45 mètres, qui masque l'usine de force de Vemork, est tout entier consacré à cette dissociation.

L'hydrogène produit est emmené à Rjukan même, c'est-à-dire en aval, par des conduites de 4.500 mètres de longueur.

Le second élément nécessaire pour la synthèse est l'azote. Il est obtenu, non pas chimiquement, mais physiquement. Des batteries de compresseurs amènent de l'air à

Puis a lieu la combinaison directe de l'hydrogène et de l'azote pour produire le gaz ammoniaque. Les gaz simples sont mélangés dans la proportion d'un volume d'azote pour trois d'hydrogène qui est, comme l'on sait, celle des constituants de l'ammoniaque.

Les conditions physico-chimiques de la combinaison exigent une pression de l'ordre de 250 atmosphères. D'autre part, la compression provoque un dégagement de chaleur et il faut refroidir les gaz. Les gaz sont comprimés dans des compresseurs plus puissants encore que ceux utilisés pour la liquéfaction de l'air, puis envoyés dans de longs tubes à circulation d'eau, disposés en hautes rangées parallèles.

Sous cette pression, et à une température qui est de l'ordre de 600°, les gaz passent dans des hauts fours de synthèse, en acier également.

L'ammoniaque est un gaz facilement liquéfiable et c'est à l'état liquide qu'on peut le recueillir à la sortie du four. Une partie de cet ammoniaque liquéfié est chargée dans des wagons-citernes. Le reste est amené à l'état gazeux et mélangé avec de l'air atmosphérique et avec de l'oxygène provenant à la fois de l'électrolyse de l'eau et de la distillation de l'air liquide. La proportion d'ammoniaque est de 9,5 %. Ce mélange passe sur une trame extrêmement fine de platine incandescent et ainsi se produit l'oxydation de l'ammoniaque.

Nous sommes arrivés à un produit intermédiaire de transformation et les opérations se poursuivent sensiblement de la même manière que lorsque l'on a obtenu l'oxydation de l'azote sur le disque de flamme du four électrique Birkeland-Eyde. En effet, dans cette opération, les vapeurs nitriques sont absorbées dans d'immenses tours de granit, hautes de plus de 20 mètres, et pleines de morceaux de quartz ; ce qui échappe à l'absorption va barboter dans de la lessive de soude, où se forme un mélange de nitrate et de nitrite de soude.

L'acide, à la sortie des tours de granit est à 50 %. Une petite partie est concentrée pour former de l'acide nitrique commercial.

De l'acide nitrique de synthèse aux engrais artificiels

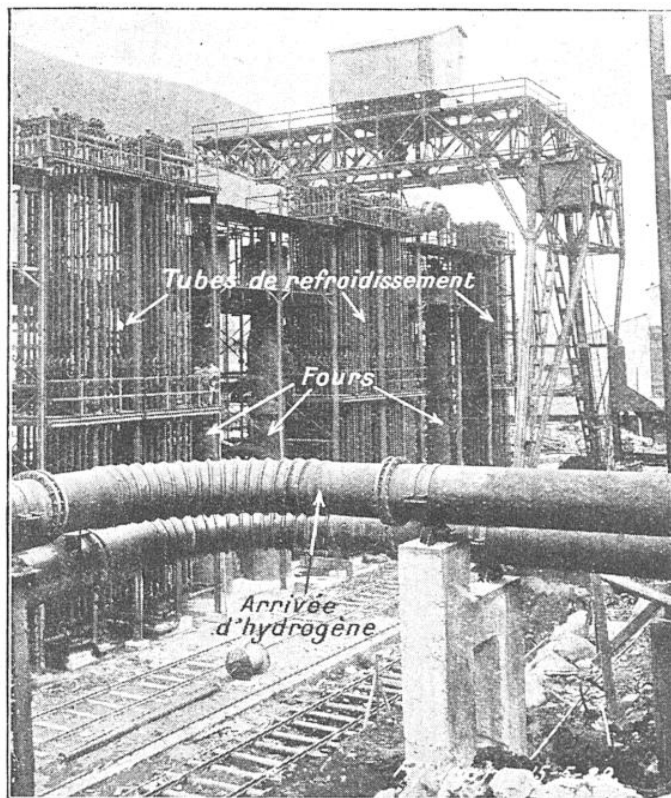
A partir de cet instant, quelle que soit l'origine de l'acide, le traitement se poursuit dans les mêmes conditions. La nouvelle technique, qui a succédé à celle de Birkeland-Eyde, a pour avantage de con-

sommer une quantité d'énergie beaucoup moindre, et c'est ce qui a conduit à établir de nouvelles installations sur le pied que nous avons dit, malgré les difficultés d'amener les matériaux en pleine montagne et de construire d'énormes usines accrochées au flanc vertigineux d'une montagne.

La solution de nitrate de chaux obtenue précédemment est filtrée, ce qui enlève à la matière la couleur grise à laquelle on reconnaissait jadis le salpêtre de Norvège. On ajoute ensuite 5 % de nitrate d'ammonium et on concentre la solution jus-

qu'à ce qu'elle contienne 15,5 % d'azote. Des pompes l'amènent au sommet de tours de 25 mètres de haut et la pulvérisent pour qu'elle tombe en pluie. Quand les gouttes arrivent en bas de la tour, elles se sont solidifiées en grains de nitrate ; et ce produit est emmené sur des transporteurs à ruban et ensaché sous la forme d'un composé granulé de couleur blanche.

Il n'y a guère que la moitié de l'ammoniaque qui soit transformé à Rjukan même, le reste étant traité aux usines d'Edanger.



LE MÉLANGE D'AZOTE ET D'HYDROGÈNE COMPRIMÉ TRAVERSE LES TUBES DE REFROIDISSEMENT, AVANT DE PASSER DANS LES FOURS OU S'OPÈRE LA SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE

Tout cet appareillage est en acier et est soumis à une pression de 250 atmosphères et à une température de 600 degrés.

La seconde station de force de Rjukan, située en face du centre de la ville industrielle se nomme Saaheim. L'eau qui sort des roues Pelton de la première usine de Vemork est amenée là par une conduite forcée, et la dénivellation est de 300 mètres. Le flot qui ressort de cette seconde usine est déversé directement dans le cours de la Maana. Saaheim développe une puissance

Ces chiffres montrent, mieux que n'importe quelle description, l'ampleur de cette industrie qui fabrique des produits précieux en se servant d'air, d'eau et de pierre à chaux, c'est-à-dire des éléments les plus simples et les moins coûteux. C'est, après celle du bois, la première industrie de Norvège, cette vaste Norvège si peu peuplée, qui a vécu pendant des siècles dans l'obscurité d'une existence



VUE PANORAMIQUE DE LA VALLÉE DE LA MAANA (NORVÈGE), AU VOISINAGE DE LA RJUKANFORS (CHUTE DE RJUKAN)

On remarque le grand édifice abritant les installations destinées à la fabrication des nitrates à partir de l'ammoniaque synthétique, et, au-dessus, les conduites forcées.

de 150.000 ch environ, répartie entre les différentes installations ; celle des fours Birkeland-Eyde en utilise une grande partie.

La pierre à chaux nécessaire à la fabrication est retirée de la montagne ; elle est abattue à l'explosif, extraite avec des excavatrices qui enlèvent plusieurs tonnes d'un coup de pelle, et transportée sur des wagons montés sur câble.

La capacité de production totale de la Société Norvégienne de l'Azote en nitrate de chaux, nitrate de soude, acide nitrique commercial et nitrate d'ammoniaque, s'élève annuellement à plus de 500.000 tonnes.

végétative, et qui s'est réveillée voici quelque quatre-vingts ans, pour rejoindre, et parfois dépasser, les vieux pays du continent dans leurs entreprises les plus hardies.

Ainsi s'est développée, en pleine montagne, à 800 mètres d'altitude, au fond d'une vallée où, durant de longs mois d'hiver, le soleil ne paraît pas, loin de tout centre habité, cette ville de 10.000 âmes dominée par les hauts édifices de béton, les formes complexes des tuyauteries à hydrogène, les tours de granit, les halls de machines. Une belle conquête humaine.

CHRISTIAN DE CATER.

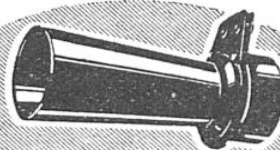
LES AVERTISSEURS **GURTNER**

GARANTIS

Les Avertisseurs Haute Fréquence GURTNER sont soigneusement étudiés aux points de vue mécanique et électrique.

Livrés seulement après essais de plusieurs heures et contrôle rigoureux de la tonalité et de la puissance sous différents voltages, ils sont pratiquement indé réglables et d'ailleurs garantis deux ans.

Demandez toute documentation aux
ÉTABLISSEMENTS GURTNER
PONTARLIER (Doubs)



Avertisseur droit
court

160 Fr



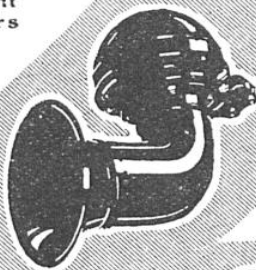
Avertisseur
courbé coupé

190 Frs



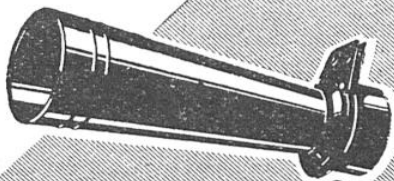
Avertisseur
type "Radiateur"

210 Frs



Avertisseur
courbé

210 Frs



Avertisseur
droit

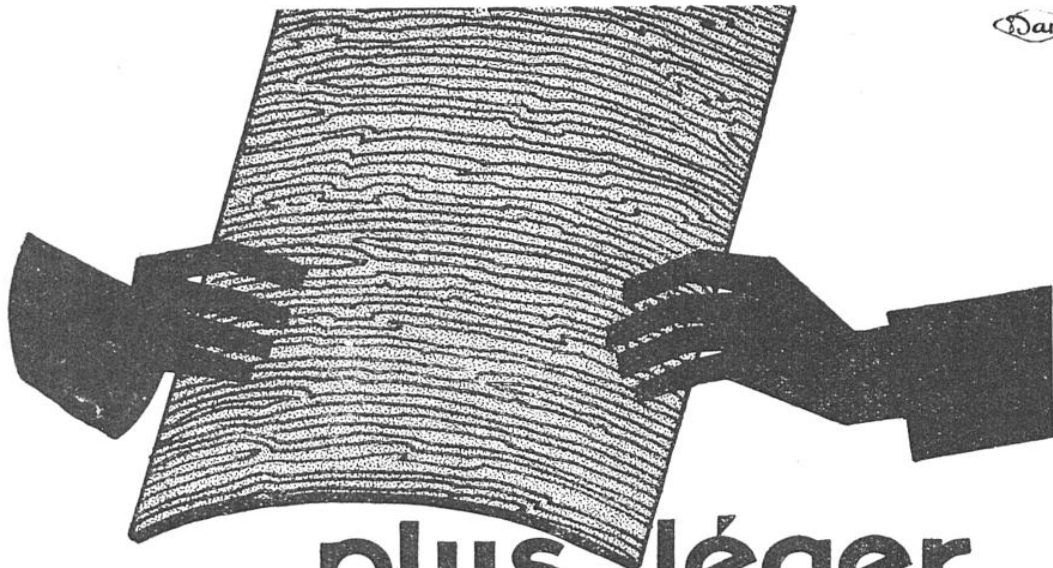
170 Frs



Avertisseur
pour moto

160 Frs

ANS



plus léger, plus résistant..

Chaque fois que vous employez le bois, songez qu'il existe un matériau beaucoup plus léger, beaucoup plus souple, beaucoup plus résistant à la chaleur et à l'humidité : le contreplaqué.

Demandez du contreplaqué, et pour être sûr que sa qualité ne vous trahira pas, exigez du Leroy, le meilleur contreplaqué dont toutes les qualités répondent au sévère cahier des charges de l'aviation.

Les Ets Leroy, grâce à leurs procédés spéciaux et à leurs énormes moyens de production vous fourniront le contreplaqué qu'il vous faut.

Echantillons et tarifs sur demande.

Stand d'exposition permanente : Avenue Daumesnil.

LEROY

Siège Social :

28 et 28 bis, Av. Daumesnil, Paris (12^e) - Tél. : Diderot 09-11 à 09-15

DÉPOTS à : Paris, Clichy, Bordeaux, Lyon, Lille, Strasbourg, Moulins.

USINES à : Lisieux, Bonnières-s/-Seine, Livarot, Azay-le-Rideau, St-Pierre-s/-Dives.



CE QUE NOUS RÉVÈLE LA PHOTOGRAPHIE DES MONDES DANS L'INVISIBLE

Par Gabrielle-Camille FLAMMARION
DIRECTRICE DE L'OBSERVATOIRE DE JUVISY

Parmi les radiations qui nous entourent, nos yeux n'en perçoivent qu'un nombre relativement minime. En dehors du spectre solaire, — c'est-à-dire au delà du violet et en deçà du rouge — nous ne voyons rien, ni des radiations chimiques ultra-violettes, ni des radiations calorifiques infra-rouges. Mais, ce que notre œil est incapable de percevoir peut être, cependant, décelé et enregistré sur la plaque photographique. Les curieuses expériences du professeur américain R. W. Wood, au début de ce siècle, ont montré les aspects différents que prenaient les paysages terrestres photographiés en lumière ultra-violette. Il faut entendre par là que des écrans spéciaux « filtrent » les radiations pour ne laisser passer que les rayons ultra-violettes. Appliquant cette méthode ingénieuse aux mondes de l'Univers, les astronomes W. H. Wright et Frank E. Ross, en Amérique, ont réussi de remarquables vues de Jupiter, de Mars, de Vénus et de Saturne, prises en lumière monochromatique, depuis l'infra-rouge jusqu'à l'ultra-violet. La comparaison des résultats obtenus avec les photographies terrestres réalisées dans les mêmes conditions, c'est-à-dire en lumière sélectionnée, a permis de mettre au point une nouvelle méthode d'exploration des astres, grâce à laquelle nous pénétrons aujourd'hui dans le domaine de l'invisible avec des yeux nouveaux, qui voient des aspects jadis inaccessibles à nos regards.

Nos yeux ne sont sensibles qu'à un petit nombre de radiations

L'UNIVERS tout entier pénètre dans notre esprit par nos yeux. Toutes les impressions visuelles produites par le ciel, les paysages terrestres, la nature dans ses aspects les plus variés, résultent du nombre de vibrations ressenties par notre nerf optique.

Plongés dans un océan d'ondes diverses, nous y nageons sans percevoir directement par nos sens la plus grande étendue de ce monde éthéré qui nous enveloppe. Seule, une tranche restreinte est accessible à notre œil, une tranche de quelques centaines de trillions de vibrations par seconde. Au-dessous de 375 trillions de vibrations, la lumière est trop faible, et nous ne voyons plus rien. On tombe dans les rayons calorifiques, dans l'infra-rouge. Au-dessus de 750 trillions de vibrations, la lumière s'éteint aussi : c'est encore l'invisible dans l'ultra-violet. On passe aux rayons chimiques. Ce n'est qu'entre ces deux extrêmes que nous sommes en contact avec le monde extérieur par la vue. Au delà et en deçà, nos yeux sont aveugles pour toutes les autres radiations. Nous savons bien, depuis pas très longtemps, qu'il y a autre chose, mais ce sont d'autres

domaines inaccessibles à nos regards. Dans le crescendo, avec des ondes de plus en plus courtes et des vibrations de plus en plus rapides, c'est l'ultra-violet (1), les rayons X (2) et les radiations cosmiques (3), encore si énigmatiques. Dans le decrescendo, avec des ondes de plus en plus grandes et des vibrations de plus en plus lentes, c'est l'infra-rouge (4), ce sont les ondes électromagnétiques de la T. S. F., celles de la radiophonie, etc...

Le drapeau aux sept couleurs du Soleil s'agite dans les vibrations du spectre visible, depuis le rouge jusqu'au violet. C'est dans ces étroites limites que notre vision était emprisonnée il y a environ un quart de siècle.

Comment nous pouvons voir dans l'invisible

Mais la science créatrice est indépendante et n'aime pas l'esclavage ; quand un mur lui barre une route, elle cherche le moyen de l'escalader.

Ainsi arrivons-nous à voir dans l'invisible, par des subterfuges fort ingénieux.

Les premiers essais datent du siècle. On

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 104, page 129.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 143, page 349.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 11.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 141, page 177.

peut se rappeler les sensationnelles expériences d'avant-guerre du professeur R. W. Wood, obtenant des photographies de paysages terrestres par les rayons ultra-violet et infra-rouges. On vit alors d'étranges images montrant, sous le plus ardent soleil d'été, des effets de neige, des blancheurs évoquant l'hiver ou la pâleur blafarde d'un clair de lune en plein jour. Le ciel bleu était sombre et sinistre, et les arbres semblaient couverts d'une blanche floraison inexistante.

On vit, réalisé par la lumière ultra-violette,

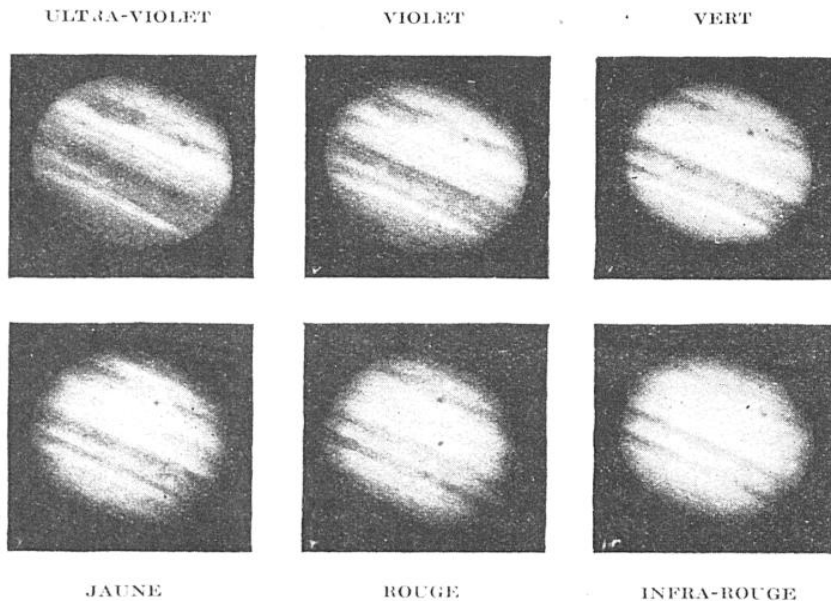


FIG. 1. — LE MONDE GÉANT DE JUPITER (ONZE FOIS PLUS LARGE QUE LA TERRE) PHOTOGRAPHIÉ EN LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE PAR LE PROFESSEUR W. H. WRIGHT, A L'OBSERVATOIRE LICK EN CALIFORNIE (2 OCTOBRE 1927)

On suit très nettement l'assombrissement progressif du limbe, au fur et à mesure que la longueur d'onde augmente (vers l'infra-rouge).

le héros du roman de Chamisso, « l'homme qui a perdu son ombre » et qui, victime de tous les malheurs, finit par s'apercevoir que l'or ne vaut pas une ombre... Il suffit de photographier un homme en lumière ultra-violette pour qu'il perde son ombre !

L'aspect de la nature varie suivant la nature de la lumière qui l'éclaire

En contemplant ces singulières images, on ne peut s'empêcher de penser que l'aspect de la nature est très relatif. L'apparence des êtres et des choses dépend surtout de ceux qui les regardent. Si nos yeux étaient construits autrement qu'ils ne sont, nous verrions

toute la nature sous des aspects différents de ceux qu'elle nous offre. Il suffirait que notre nerf optique fût sensible à d'autres vibrations que celles qu'il perçoit, pour changer à notre vue la face du monde. C'est presque une vérité de M. de La Palice.

Pourquoi n'userions-nous pas, artificiellement, de ce privilège, que nous refuse la nature, pour voir dans les autres mondes ce que, normalement, ils nous cachent ?

Le procédé employé pour pénétrer visuellement l'invisible consiste à filtrer la lumière

blanche solaire en interposant, devant l'œil ou la plaque photographique, un écran coloré, judicieusement choisi. Le flot lumineux vient se heurter contre ce barrage qui forme écluse fermée pour toutes les longueurs d'onde indésirables, forcées de s'arrêter là. Rien ne passe, à l'exception de la radiation élue.

Pour mémoire, je rappelle ce que tout le monde sait, c'est-à-dire que la lumière blanche est constituée par la fusion de toutes les couleurs, lesquelles sont simplement la conséquence de mouvements de rythmes différents : vibrations plus ou moins rapides, ondes plus ou moins longues.

Comment on effectue la sélection de la lumière

Dans la pratique, pour effectuer cette sélection de la lumière, on a recours à des pellicules colorées spécialement et monochromatiques, qui atteignent une grande perfection.

Au début, ces filtres n'existaient naturellement pas, et c'est en tâtonnant que les premières tentatives furent faites sur la Lune par le professeur Wood, il y a une quinzaine d'années. Tout de suite, ce fut une révélation. Le détail le plus frappant consistait en des dépôts de matière insai-

sisibles à l'œil humain. Par des expériences de laboratoire, le professeur Wood crut pouvoir les comparer à des champs de soufre.

Les photographies terrestres avaient été prises avec un objectif bleu cobalt, transparent seulement pour les radiations comprises entre les longueurs d'onde 7600 à 7100 angströms (1) dans l'infra-rouge. Pour la lumière ultra-violette, le verre étant opaque, l'inventeur utilisait un objectif de quartz recouvert d'une mince couche d'argent métallique. Celle-ci fut remplacée ensuite par une solution de nickel d'un pouvoir réfléchissant beaucoup plus considérable pour le rayonnement ultra-violet. Puis les écrans-filtres furent créés.

N'y aurait-il pas, dans ces nouvelles visions, matière à dissection philosophique sur la valeur du témoignage humain basé sur la vue ?

(1) Un angström vaut un dix-millionième d. millimètre

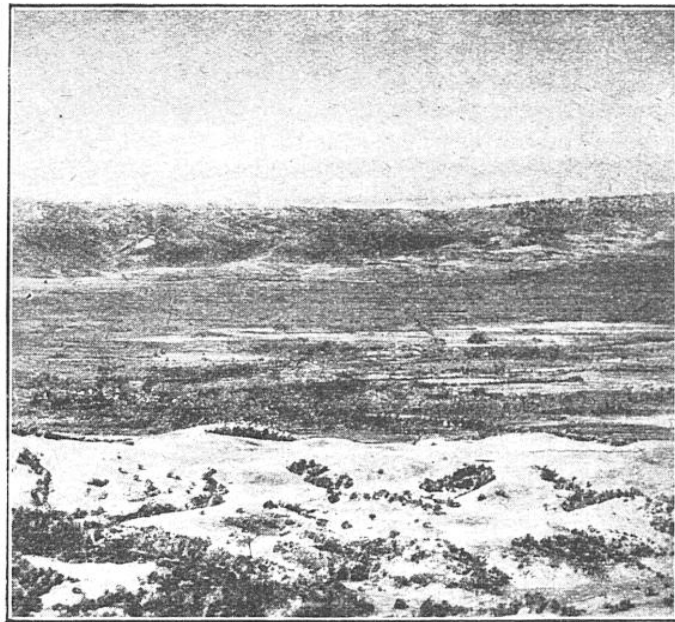


FIG. 3. — PHOTOGRAPHIE DU MÊME PAYSAGE DE LA PLAINE DE SAN JOSÉ (CALIFORNIE), OBTENUE AVEC LES RAYONS INVISIBLES DU SOLEIL, DANS L'INFRA-ROUGE

Tous les détails terrestres sont visibles jusqu'à l'horizon.

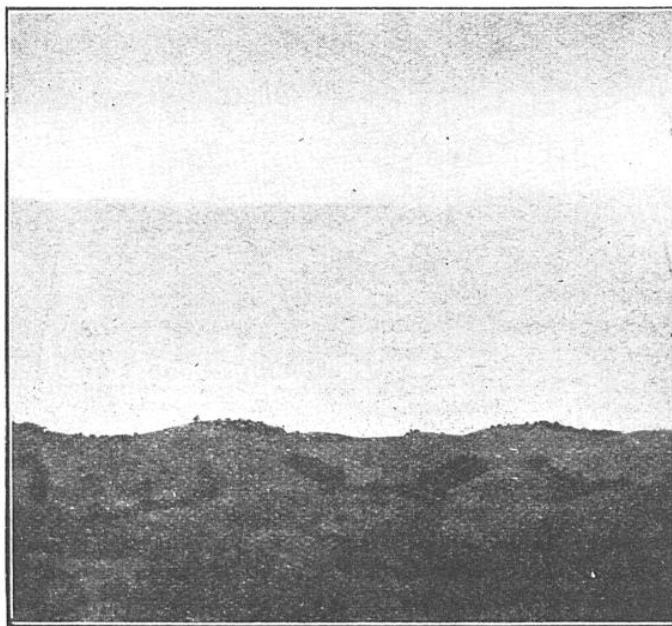


FIG. 2. — PHOTOGRAPHIE, EN LUMIÈRE VIOLETTE, DE LA PLAINE DE SAN JOSÉ (CALIFORNIE), PRISE DU MONT HAMILTON, PAR LE PROFESSEUR W. H. WRIGHT

Seules les montagnes du premier plan apparaissent.

Les écrans colorés nous révèlent d'intéressants aspects des autres mondes

Cet ingénieux procédé est trop séduisant pour que l'on n'ait pas songé à l'appliquer aux astres plus éloignés que notre satellite. Notre œil scrutateur, armé du télescope, fouille et interroge ces autres terres du ciel, mais il est limité dans ses moyens organiques pour ces explorations planétaires.

Voici, par exemple, Jupiter, le mastodonte de notre famille solaire. Nous voyons cette énorme boule, onze fois plus large que la Terre, tourner si rapidement devant nos yeux qu'en une seule longue nuit d'hiver, nous pourrions faire le tour du monde jovien, visuellement, sa rotation s'effectuant en moins de dix heures terrestres, et variant, d'ailleurs, suivant la latitude, de 9 h 50 m à 9 h 56 m. Nous voyons sa surface, sillonnée de bandes parallèles à l'équateur, agitée

par de rapides courants : ici, des condensations sombres, d'apparentes nodosités noires ; là, des aires claires, des traînées irrégulières, une impression de mouvement prodigieux dans une sphère de vapeurs. Mais la réalité, quelle est-elle ?

Nous ne prétendons pas qu'elle nous soit totalement révélée d'un seul coup par l'écran coloré qui nous donne d'autres yeux, mais il est certain que nous voyons d'autres horizons, très instructifs, tels ceux que nous découvrent les très belles photographies en

Par comparaison avec des vues terrestres prises avec différentes lumières, on peut interpréter les résultats obtenus pour les astres : Jupiter

Les photographies de paysages terrestres prises en lumière ultra-violette et violette paraissent favorables à l'enregistrement des régions atmosphériques, vaporeuses, tandis que les rayons rouges et infra-rouges mettent en valeur les régions solides : montagnes, terrains, rochers, etc.

On peut s'en rendre compte par les vues données ici figures 2 et 3. C'est le même paysage. On ne s'en douterait pas. C'est la plaine de San José photographiée à grande distance, du mont Hamilton (Californie). Le premier cliché, 2, ne fixe que les montagnes du premier plan. Tout le reste est voilé, noyé dans l'invisibilité. L'autre, 3, montre, avec une remarquable précision, les détails de la ville lointaine, jusqu'à l'horizon. L'effet absorbant, pour le violet, de l'atmosphère interposée, semble ici établi.

Munis de ce document, retour-

nons au ciel, vers le gros Jupiter.

En lumière ultra-violette, on distingue dans la bande supérieure, vers la gauche (sur ces photographies, les images se présentent comme dans l'objectif d'une lunette-réfracteur, le sud en haut et le nord en bas), on distingue une tache sombre allongée, ovale, très célèbre et connue de tous les observateurs sous le nom de « tache rouge », à cause de sa vive coloration rougeâtre à l'époque de sa découverte. On s'accorde à la considérer comme une immense île flottante, aussi vaste que notre Australie, se déplaçant à la surface non encore solidifiée de Jupiter. Or, cette tache s'estompe graduellement en passant de la lumière ultra-violette au vert, et disparaît

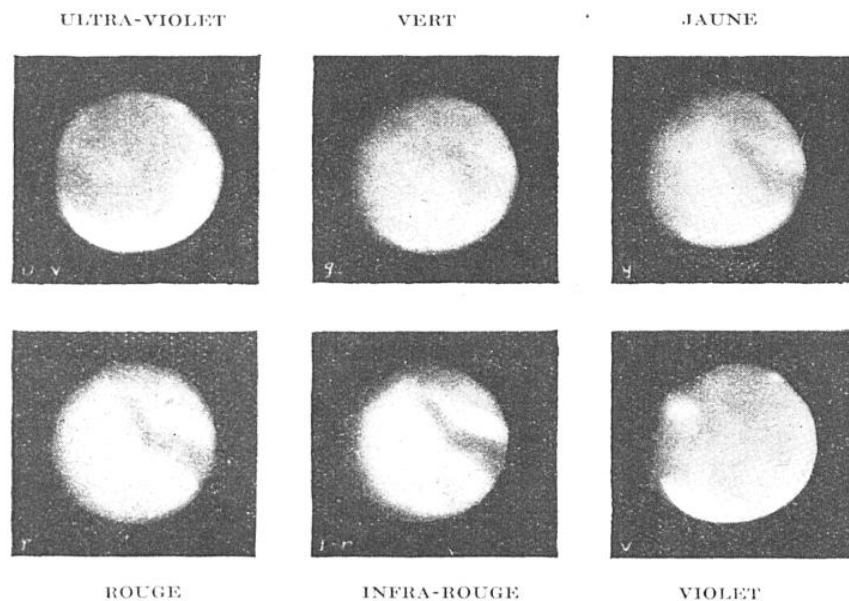


FIG. 4. — CE QUE NOUS MONTRE LA PLANÈTE MARS PHOTOGRAPHIÉE EN LUMIÈRE DE DIFFÉRENTES COULEURS (PHOTOGRAPHIES PRISES PAR LE PROFESSEUR W. H. WRIGHT EN CALIFORNIE)

Les deux dernières vues (infra-rouge et violet) montrent bien les différences d'aspect obtenues suivant la lumière employée.

lumière monochromatique (fig. 1) prises par le professeur W. H. Wright, à l'Observatoire Lick (Californie), le 2 octobre 1927, à travers des écrans préparés chacun pour une couleur différente : ultra-violette, violette, verte, jaune, rouge et infra-rouge. Quels profonds changements de l'une à l'autre ! On suit très nettement l'assombrissement progressif du limbe à mesure que la longueur d'onde employée augmente, et ceci, pour l'explication, nous engage à revenir sur la Terre, ce qui, en partant de Jupiter, n'est qu'un petit voyage d'environ 700 millions de kilomètres... Pour nos moyens de locomotion les plus rapides, cette distance correspondrait à un trajet de plusieurs siècles, mais pour un rayon lumineux, c'est l'affaire de moins de 40 minutes...

dans le rouge et l'infra-rouge. Cette constatation est un peu déconcertante, car la persistance de cette tache depuis plus d'un demi-siècle ne permet guère de la regarder comme une formation atmosphérique, et l'hypothèse de l'île flottante satisfait mieux nos observations. Il y a là un mystère à éclaircir. En tout cas, l'ultra-violet donne aux configurations de Jupiter une intensité frappante ; les détails ressortent avec force, et ces détails, pour la plupart, doivent avoir un caractère aérien, dont notre atmosphère, pour nous si lourde, si épaisse et exécrable pour les astronomes, ne peut, cependant, nous donner aucune idée. Quant au petit point sombre visible sur toutes ces

les principales configurations aréographiques (Arès=Mars), puisqu'on peut les fixer sur des cartes, toujours reconnaissables, et que les heures de leur passage au méridien peuvent être prédites et contrôlées par l'observation. Changements significatifs lorsque, d'une saison à l'autre, tandis que les neiges polaires fondent, s'effritent et s'évanouissent, nous voyons les continents, les rivages, les mers et les plages se modifier plus ou moins, dans leurs contours comme dans leurs colorations.

Examinons comment se comportent ces paysages en lumière monochromatique, de l'ultra-violet à l'infra-rouge.

Dans l'ultra-violet, vers la région de lon-

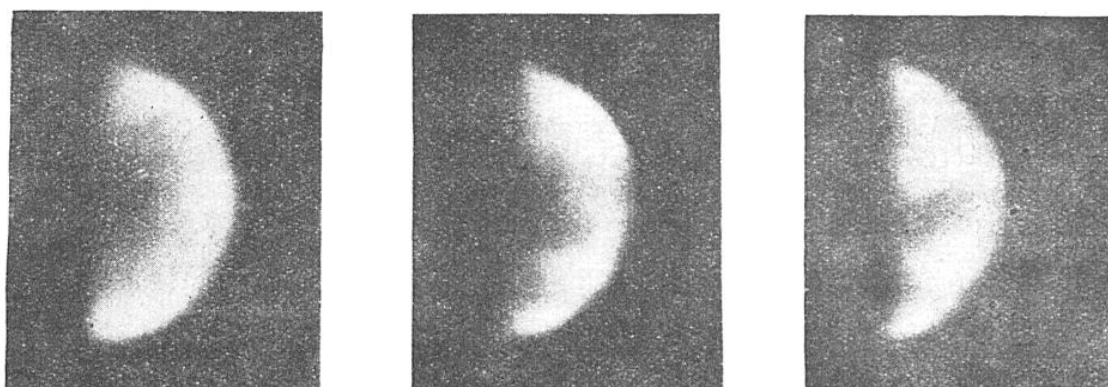


FIG. 5. — VÉNUS TELLE QUE NOUS POURRIONS LA VOIR AVEC DES YEUX SENSIBLES AUX RADIATIONS ULTRA-VIOLETTES

Photographies obtenues par le professeur américain Frank E. Ross, les 6, 24 et 26 juin 1926.

photographies, c'est l'ombre d'un des quatre gros satellites de Jupiter qui produisait, à ce moment-là une éclipse de Soleil à la surface de la planète. C'est le même mécanisme qui nous vaut nos éclipses solaires, et la petitesse de ce minuscule point noir jovien aide à comprendre pourquoi, sur la Terre, une éclipse de Soleil n'obscurcit jamais qu'une petite zone de sa surface : celle balayée par l'ombre du satellite interposé devant l'Astre radieux du jour. Mais revenons au sujet de cet article.

Les paysages de Mars diffèrent selon les radiations utilisées pour le photographeur

Après Jupiter, arrêtons-nous sur Mars, petit monde si sympathique, non seulement parce qu'il est notre voisin dans le ciel, mais aussi parce qu'il nous montre à la fois des aspects stables et des métamorphoses significatives.

Aspects stables dans leur ensemble pour

gueur d'onde 3.700 angströms, les configurations bien connues de la surface martienne s'effacent comme si un voile immense s'étendait devant elles. Seules, les calottes polaires sont saillantes. Doit-on voir là l'influence d'une atmosphère obscurcissant les détails topographiques de cette surface ? Le savant auteur de ces photographies, M. le professeur W. H. Wright, penche pour l'affirmative. En ce cas, les calottes polaires, bien visibles ici, auraient partiellement au moins un caractère atmosphérique. Au-dessus des caps polaires proprement dits, étalés au niveau de la surface solide, planeraient des nuages blancs, et ce sont eux que montreraient les rayons ultra-violets, hypothèse très vraisemblable.

Dans le vert, la calotte polaire sud (en haut, car, pour Mars comme pour Jupiter, le nord, sur ces images, est en bas de la photographie) se laisse à peine deviner. La calotte boréale a disparu. Ces apparences

s'accroissent avec les radiations jaunes et augmentent d'intensité en même temps que la longueur d'onde s'accroît.

Bien curieuses à comparer sont les deux dernières images, en bas et à droite, prises à la même date (16 octobre 1926) dans l'infrarouge et l'ultra-violet. La première (infrarouge) montre Mars sous un aspect familier à ses observateurs, malgré l'absence des blancheurs polaires. La suivante présente tout autre chose. Qui dirait le même monde ? Non seulement c'est l'effacement des configurations de la surface, mais c'est la substitution de quelque chose d'autre, difficile à expliquer, notamment cette tache blanche, lumineuse, à gauche, qui a été photographiée pendant une vingtaine de jours à travers le filtre ultra-violet, et seulement à un certain moment de la journée, vers le midi martien. Une énigme de plus...

On peut remarquer que les images obtenues dans l'ultra-violet et le violet sont plus grandes que celles dues aux rayons rouges et infrarouges. Est-ce parce que ceux-ci montrent essentiellement le corps solide de la planète, en éliminant l'épaisseur de l'atmosphère gazeuse, tandis que les rayons ultra-violet et violets permettent d'enregistrer toute l'étendue de l'enveloppe aérienne ? Il y aurait là un moyen pratique de mesurer directement la hauteur de l'atmosphère. D'après M. Wright, cette méthode indiquerait, pour celle de Mars, une centaine de kilomètres.

Vénus, si difficile à observer, et Saturne, aux merveilleux anneaux, se laissent explorer par la lumière ultra-violet

Passons maintenant à Vénus.

Cette belle planète, si éclatante dans notre ciel du soir, à l'occident, ou dans celui du matin, à l'orient, se voile avec une obstination telle que seule la lumière ultra-violet nous en donne des images riches en détails, probablement de nature atmosphérique.

Dans le rouge, rien. Ce qui ne signifie pas

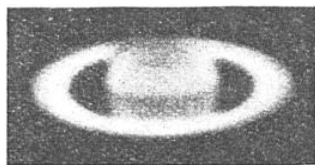
que sur l'Etoile du Berger il n'y a rien, ni continents, ni mers, ni végétation, rien qu'un désert sans fin.

Il est plus logique de penser — ce qui s'accorde avec l'observation visuelle — que, sur cette autre voisine planétaire, l'atmosphère est impénétrable pour les rayons rouges, comme pour l'œil humain.

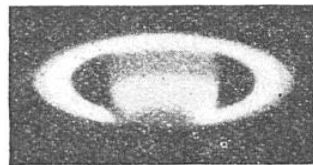
Il est si difficile de voir avec certitude au télescope des détails précis sur Vénus !

Mais j'allais oublier Saturne, la merveille de notre système solaire. Nous savons encore peu de choses sur l'état physique de sa surface... Cette planète, il est vrai, est loin d'être notre voisine. Son orbite, séparée de l'orbite terrestre par celles de Mars et de Jupiter, est, en moyenne, à une distance qui dépasse le milliard de kilomètres (1.426 millions).

On constate sur la photographie obtenue par le professeur W. H. Wright en 1927, une large bande sombre que l'on retrouve sur les vues monochromatiques ultra-violettes prises



EN 1915 (WOOD)



EN 1927 (WRIGHT)

FIG. 6. — SATURNE ET SON MERVEILLEUX SYSTÈME D'ANNEAUX VUS EN LUMIÈRE ULTRA-VIOLETTE A DOUZE ANNÉES D'INTERVALLE

dès 1915 par le professeur Wood. Or, cette bande est invisible au télescope, et même elle apparaît dans la région la plus claire de la planète. Si elle ne résulte pas d'un phénomène optique, elle pose à notre curiosité un nouveau point d'interrogation.

On voit que ce mode d'exploration planétaire nous ouvre de vastes horizons naguère insoupçonnés. Nous pénétrons dans l'invisible avec des yeux nouveaux qui voient des aspects inaccessibles à nos regards. La lumière, du rouge au violet, qui nous met en communication avec les astres, ne nous les montre que dans la mesure de nos perceptions visuelles. Tout le monde visible, échafaudé sur notre vue, se réduit à très peu de chose, comparativement à l'invisible, de quelque nature d'ondes qu'il s'agisse.

En définitive, ce que nos yeux voient n'est qu'une interprétation de la réalité. S'ils étaient constitués autrement, nos perceptions différeraient, nos connaissances seraient autres, et nos théories aussi.

GABRIELLE-CAMILLE FLAMMARION.

COMMENT VOLENT LES INSECTES

Par C. PIERRE

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE

Qui de nous n'a pas été vivement intéressé par le vol vif et capricieux des insectes, tantôt se déplaçant rapidement en ligne droite, tantôt paraissant immobiles dans l'air, tantôt animés d'un rapide mouvement ascensionnel vertical ou giratoire? Tous les naturalistes, s'ils divergent dans leurs explications du mécanisme de ce vol, s'accordent cependant sur ce point : le vol des insectes ne peut être comparé à celui des oiseaux. Nous avons donc demandé à notre collaborateur d'exposer ici les théories les plus récentes sur les conditions de ce vol. Laissant volontairement de côté les insectes possédant plus de deux ailes, aux allures compliquées, M. Pierre étudie plus spécialement ici le vol des Diptères, insectes à deux ailes. Après un clair exposé des organes du vol, il nous fait assister aux différentes sortes de vols, tels qu'il les a observés lui-même au cours de ses promenades entomologiques.

Le vol des insectes ne peut se comparer au vol des oiseaux

L'HOMME a donné des ailes à tous les êtres extraordinaires créés par son imagination fantaisiste !... Il a ailé Pégase, les Dragons, les Guivres, car il admirait le vol imposant de l'aigle, celui plus capricieux de l'hirondelle, et surtout la Mouche aux évolutions aériennes d'une vivacité presque inappréciable !

Plus tard, il a voulu comprendre. Des mathématiciens ont examiné les proportions, le mécanisme des ailes. Les anatomistes ont étudié l'action des muscles moteurs. De copieux et savants mémoires ont été publiés. Tous accusent de sérieuses divergences. Il n'y a complet accord que sur un point : le vol des oiseaux n'est pas comparable à celui des insectes.

Ne parlons donc pas des oiseaux. Lais-

sons aussi de côté les « voiliers » à quatre ailes, aux allures compliquées, à mouvements mixtes, simultanés ou alternatifs, qui s'éloignent du vol des Diptères (1). plus facile à observer, simple, rapide et puissant.

D'éminents naturalistes, comme Chabrier, Straus-Dureckheim, Liais, Pettigrew, Marey, Graber, Girard, de Bellesme, Amans, Künckel, Poujade, Janet, etc., ont émis des théories absolument différentes sur les battements d'ailes et leurs effets directs pour réaliser la progression aérienne.

Marey, par exemple (fig. 1), considère les organes du vol comme des vis, ou plutôt des hélices monoptères, dont l'extrémité décrit un huit régulier, résumé du mouvement complet : abaissement, élévation, obliquité du plan propulseur. Il va même plus loin,

(1) Insectes tels que les mouches, les cousins, etc., munis de deux ailes.

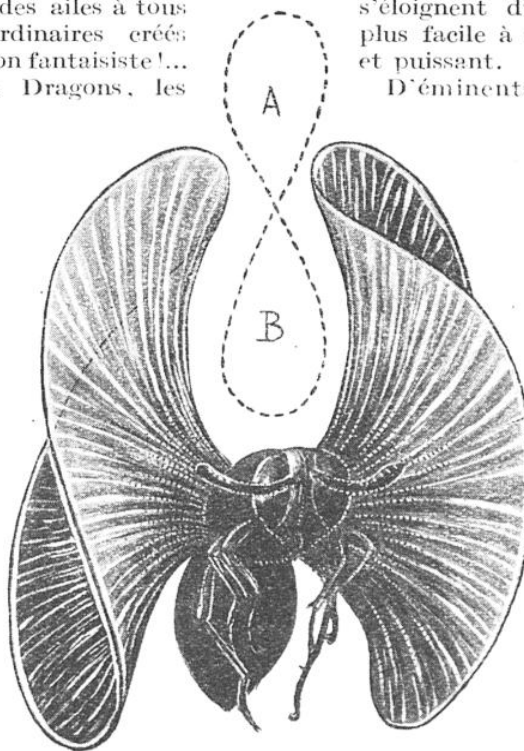


FIG. 1. — COMMENT MAREY EXPLIQUAIT LE VOL D'UN INSECTE

D'après ce naturaliste, l'extrémité de l'aile en action, pendant le vol, décrit deux boucles croisées A, B, formant un 8 parfait.

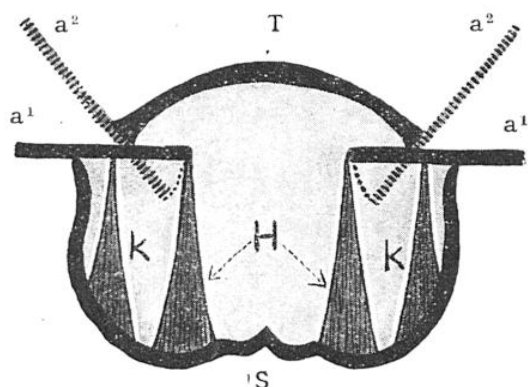


FIG. 2. - LE VOL THÉORIQUE, D'APRÈS GRABER
Schéma de la coupe du thorax T, le sternum étant en S, avec deux positions des ailes a¹ et a², manœuvrées par les systèmes de muscles H et K.

affirmant que les muscles commandent seulement le « va-et-vient » modifié automatiquement par la résistance de l'air. Il ne parle pas des croisements musculaires, et semble ignorer les muscles secondaires qui règlent les inclinaisons de l'aile. Cette théorie, trop vague, n'offre pas grande base solide.

Selon Graber (fig. 2), l'aile se prolonge à l'intérieur du thorax par un pédicelle, petit levier court, rigide, qui subit l'action de muscles abaisseurs ou élévateurs. Notre dessin schématique explique l'idée de l'auteur qui néglige ou ignore les mouvements vibratoires du thorax. L'ensemble du système est clair, mais rudimentaire et insuffisant.

Par contre, Janet (fig. 3) associe les évolutions des ailes aux vibrations thoraciques nettes et perceptibles. Il prend

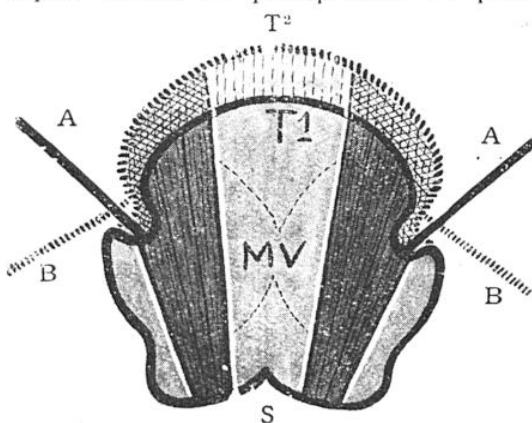


FIG. 3. - LE VOL THÉORIQUE, D'APRÈS JANET
Schéma des positions des ailes A, B, modifiées par les contractions des muscles MV, qui réglemment les mouvements du thorax en T² et T¹. S. sternum.

l'insecte au repos, ailes croisées, les place mécaniquement en position de départ, au moyen des petits muscles latéraux, puis les mouvement, par contraction ou détente des élévateurs vibrateurs transverses, et des abaisseurs longitudinaux qui assurent le vol parfait avec ses changements de direction.

En résumé, au point de vue purement anatomique, l'aile est actionnée par trois muscles principaux : deux extenseurs et un fléchisseur plus faible que les premiers, sans compter quelques autres secondaires qui aident à régler le vol, car les battements ne se font pas tous de la même façon. Il en est de perpendiculaires à l'axe du corps : ce sont les battements théoriques, tandis que d'autres, moins observés, sont obliques ou presque parallèles à cet axe.

Comment sont constitués les organes du vol

Étudions maintenant les organes extérieurs visibles (fig. 4), qui forment l'ensemble variable du système voilier des Diptères ou insectes à deux ailes, comme Mouches, Taons, Moustiques, Tipules, etc. Les uns présentent les ailes accompagnées seulement des balanciers, si minces, si délicats, qu'ils semblent inutiles ou tout au moins négligeables. D'autres possèdent en plus les cuillerons, considérés par certains entomologistes comme dépendances immédiates des ailes. Ce sont des écailles membraneuses, plus ou moins colorées, bordées d'une sorte de bourrelet mince frangé de poils courts. Leur rôle n'a jamais été parfaitement défini.

Il n'en est pas de même des balanciers, toujours présents, même quand les ailes se réduisent à d'imperceptibles moignons. Ces délicats appendices, appelés aussi halteres, se composent d'une tige mince, surmontée d'un renflement : le bouton ou massue. Ils

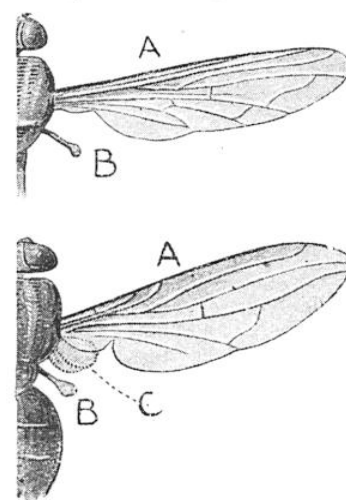


FIG. 4. - LES ORGANES DU VOL
A, aile ; B, balanciers ; C, cuillerons. Ces derniers n'existent pas toujours chez les Diptères.

sont parcourus par un réseau nerveux remarquable, tellement important que la suppression ou la mutilation de l'un deux, détruit l'équilibre du vol. Le Diptère amputé ne conserve plus la directive de ses évolutions aériennes : il tombe, ayant perdu la faculté du vol ascendant.

Les naturalistes ont toujours conclu à l'évidente indispensabilité des balanciers, mais n'ont pu expliquer leur rôle exact. Jousset de Bellesme suppose qu'ils limitent, en arrière, la course de l'aile et déterminent ainsi le centre de gravité qui permet à l'insecte le mouvement ascensionnel, quand il évolue dans l'espace. L'hypothèse paraît risquée, car ces organes sensoriels, vraiment minuscules et fragiles, ne peuvent agir que sur la partie postérieure membraneuse et molle de l'aile qu'on peut même supprimer, parce qu'elle n'est pas absolument indispensable. D'autres entomologistes ont considéré les balanciers comme des ailes réduites ou modifiées. Cette supposition semble hasardeuse, car il est démontré qu'on peut pratiquer l'ablation de la deuxième paire d'ailes d'un Hyménoptère, d'un Bourdon, par exemple, sans lui enlever la faculté de voler.

L'aile proprement dite, est composée de deux feuillets très minces, accolés, formant une membrane sillonnée d'un réseau simple ou compliqué de tubes saillants, résistants, souples, plus ou moins épais, désignés sous le nom de *nervures* (fig. 5). Ces nervures, qui présentent des dispositions variables, sont de deux sortes : les longitudinales, à peu près parallèles au bord antérieur de l'aile, et les transverses, placées presque perpendiculairement entre les premières.

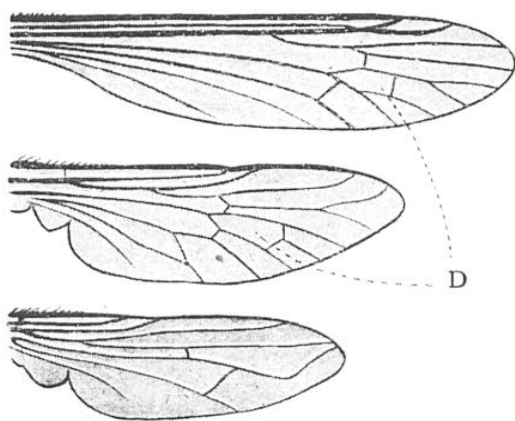


FIG. 5. — LA CONSTITUTION DE L'AILE
On remarque en D la cellule « discoïdale », nœud résistant de la nervation.

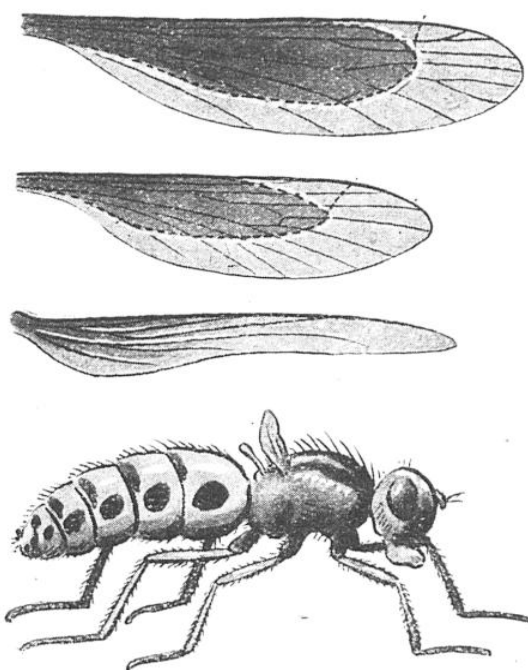


FIG. 6. — AILES RÉDUITES OU ATROPHIÉES
En haut, ailes de *Tipulides*, mâles et femelles ;
au milieu, aile de la Mouche de l'Hirondelle ;
en bas, moignon d'aile très réduite chez une mouche *acalyptérée*.

Les espaces membraneux limités par les nervures, portent le nom de *cellules*. Il en est une principale, appelée « discoïdale » qui forme plutôt un polygone très irrégulier. Elle sert de nœud de résistance à la surface portante et battante de l'aile.

Le bord antérieur est muni d'une armature solide, renforcée : les nervures sont robustes, serrées. Ce sont elles qui s'articulent au thorax et reçoivent les impulsions des muscles moteurs. La surface de l'aile peut être absolument nue, mais certains Diptères montrent de longs poils sur les nervures, parfois même sur tout le dessus de l'organe. Souvent la côte antérieure est armée d'épines ou de fortes soies, vers la base.

L'aile présente donc deux parties bien distinctes : celle d'avant, rigide, puissamment constituée où se trouvent concentrées la force et la résistance pour le mouvement : celle d'arrière, molle, sans nervures solides. Aussi de nombreuses expériences ont-elles prouvé qu'on peut rogner et supprimer longitudinalement d'importants fragments de cette région postérieure, sans empêcher le vol.

Il est, d'ailleurs, de très curieux exemples

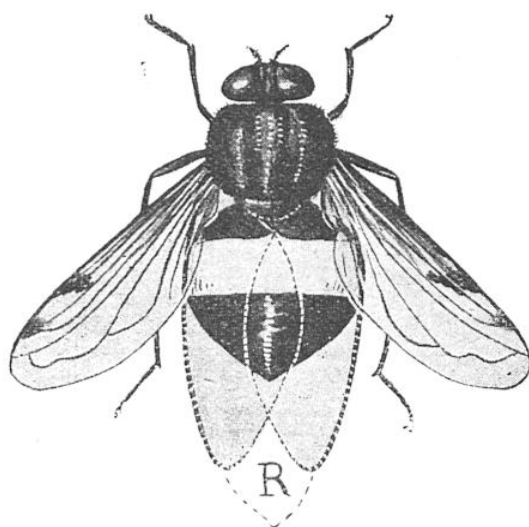


FIG. 7. — VOLUCELLE AVEC LES AILES ÉCARTÉES, PRÊTES À L'ENVOLÉE

Au repos, en R, les ailes sont croisées.

de réductions d'ailes, absolument naturels, simples dimorphismes sexuels. Nous voyons sur la fig. 6, en haut, l'aile normale d'un mâle de *Tipule* nègre, et en plus foncé, celle de la femelle. Au contraire, au dessous, l'aile d'une femelle de *Molophilus* noir, plus grande que celle du mâle. Ces écarts sont exacts et les bestioles moins favorisées volent quand même. Nous possédons des *Tipules* de hautes montagnes, dont les ailes, excessivement réduites en largeur, présentent une nervation complète, mais longue et serrée. Citons encore deux cas très curieux d'ailes réduites : au dessous, (fig. 6), celle de la Mouche de l'Hirondelle, puis une autre ne possédant que de courts moignons. Quelques Diptères sont complètement aptères.

Comment volent les insectes

Abordons l'étude du vol proprement dit. Nombreux sont les insectes qui, au repos, ont la faculté de ramener l'une sur l'autre leurs deux ailes au-dessus de l'abdomen (fig. 7). Lorsqu'ils veulent prendre leur essor, ils sont d'abord obligés d'écartier les ailes, au moyen des muscles extenseurs. Les battements éleveurs propulseurs, viennent ensuite. Ces derniers sont très variables, selon l'allure de l'animal; ainsi Marey nous apprend que, par seconde, le vulgaire Papillon de chou fournit 9 battements seulement, tandis que l'Abeille en donne 190, et la Mouche domestique, le fabuleux chiffre de 330.

Les positions des ailes pendant le vol sont

intéressantes à étudier. Au début du battement, de haut en bas (fig. 8), l'air relève la partie molle postérieure, et présente ainsi le dessus de la surface alaire. La deuxième position donne la mi-temps du battement, tandis que nous apercevons, en bas, le dessous de l'aile, au début du relèvement, car à cet instant, le bord arrière, mou, est au contraire rabattu vers le bas. Ces dessins absolument schématiques donnent trois phases différentes d'un vol régulier.

Il faut aussi parler de la position des pattes quand l'insecte évolue dans l'espace. On ne peut assigner un rôle précis, à ces membres plus ou moins longs, parfois encombrants, dont l'attitude varie même chez mâles et femelles d'une même espèce. Cependant, quelques auteurs considèrent les pattes comme des stabilisateurs. Nous ne pensons pas qu'elles jouent un rôle aussi important. Les ailes seules doivent diriger le vol. Nos silhouettes (fig. 9) montrent un *Bibio* avec ses pattes antérieures levées, presque renversées. Plus bas, c'est un Moustique portant en avant ses pattes antérieures et médianes, avec les postérieures rejetées presque horizontalement en arrière. Vient ensuite une *Tipule* qui relève ses pattes antérieures, pour

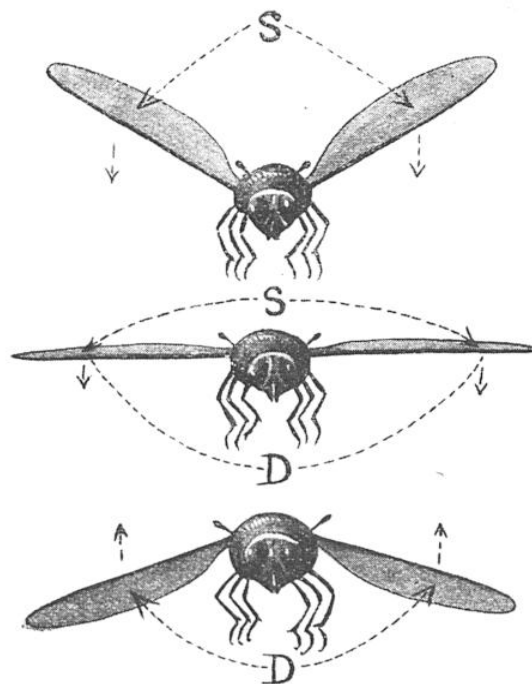


FIG. 8. — LES AILES PENDANT LE VOL.

Schéma d'un battement, vu de face. En haut, le dessus de l'aile se montre en S; au centre, position horizontale; en bas, le dessous de l'aile se montre en D.

s'accrocher plus facilement à une brindille. Enfin, voilà un Syrphé qui ramène toutes ses pattes le long du corps.

Le vol d'un Diptère, surtout le vol direct, approximativement en ligne droite, peut se résumer par un graphique très simple. Nous avons étudié ce mouvement avec des Tipules, aux évolutions peu rapides (fig. 10). On décompose facilement l'ensemble qui présente une suite de lignes droites ou presque... descendantes ou ascendantes *A, B, A, B, A...* formant une ligne brisée aux angles arrondis.

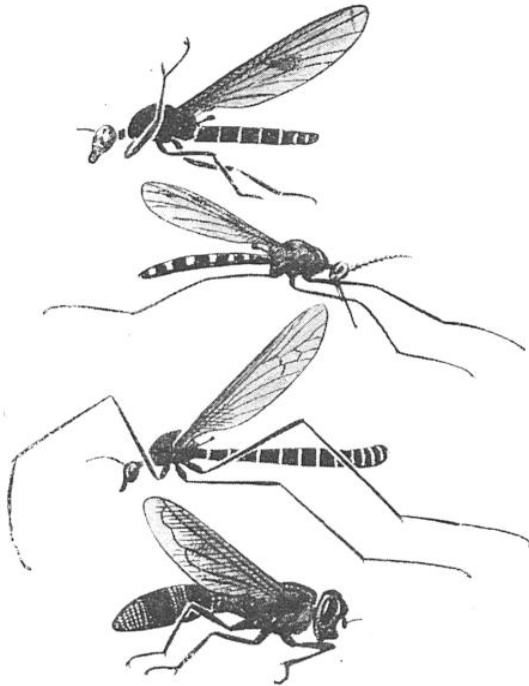


FIG. 9. — SILHOUETTES DE DIPTÈRES EN VOL, MONTRANT LA POSITION DES PATTES
De haut en bas : *Bibio*, avec pattes antérieures relevées ; *Moustique*, avec les pattes antérieures et intermédiaires portées en avant ; *Tipule*, avec pattes antérieures relevées, portées en avant ; *Syrphé*, avec les pattes ramenées le long du corps.

L'insecte placé en *A*, est arrivé à ce point culminant, par le battement d'ailes exécuté en *B*, ce qui le remonte plutôt brusquement. De *A* vers *B*, il se laisse ensuite glisser, profitant de la progression ascendante pour avancer plus longuement, mais obliquement, etc. Les Diptères à vol rapide reproduisent ces mêmes mouvements, mais avec des battements si pressés, si nombreux, que les à-coups disparaissent. On a l'impression d'une ligne parfaitement continue.

La Mouche ne se dirige pas toujours

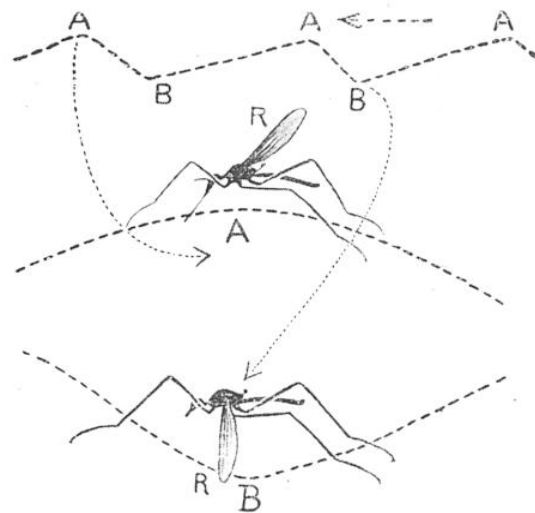


FIG. 10. — GRAPHIQUE D'UN VOL DE TIPULE
On voit les différentes positions des ailes de l'insecte, après le coup d'aile, en *A*, et au moment du coup d'aile, en *B*.

directement sur l'objectif qu'elle veut atteindre. Elle tourne, zigzague, avant de se poser. Suivant les espèces, suivant certains cas, il est des vols caractéristiques, absolument différents. Ainsi, nous appellerons « vol d'attaque », celui des « Piqueurs »

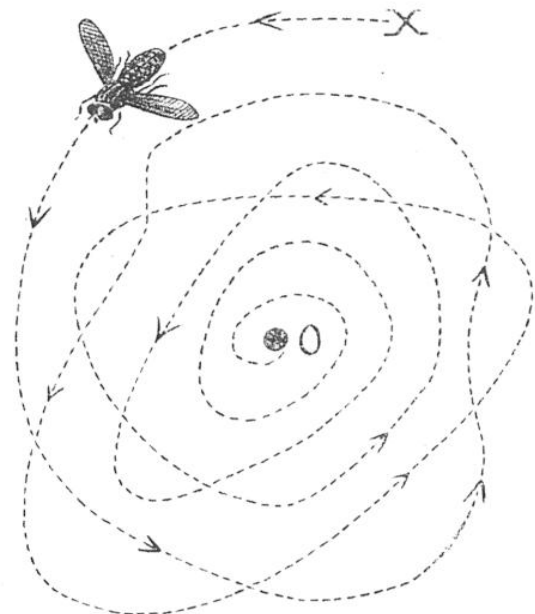


FIG. 11. — GRAPHIQUE DU VOL D'ATTAQUE D'UN TAON

Courbe suivie par l'insecte partant de X pour venir se poser au point O.

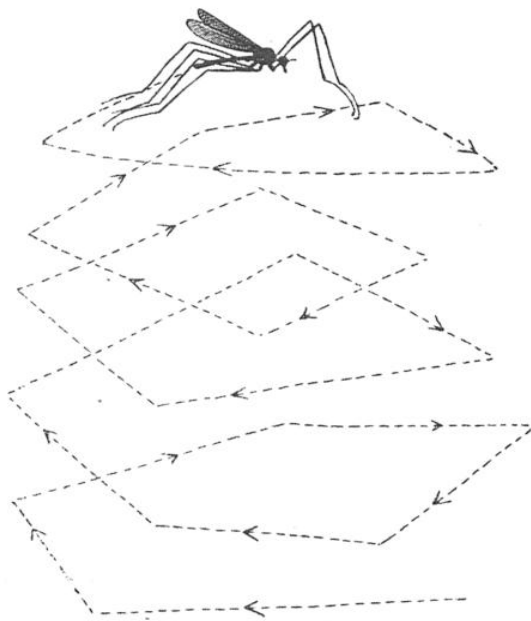


FIG. 12. — GRAPHIQUE DU VOL ASCENDANT D'UN TIPULIDE DANSEUR

Les changements de direction sont nettement indiqués par des angles accentués.

qui semblent vouloir hypnotiser leurs victimes. Nous représentons, par exemple, le vol d'un Taon venant de X, pour arriver en O (fig. 11). Il tourne rapidement, compliquant même, au besoin, notre trajectoire pointillée, faisant entendre la menace de son bourdonnement enveloppant, puis se pose délicatement sur l'homme ou l'animal dont il veut sucer le sang.

Des insectes qui dansent !

Un autre vol très curieux est celui des Tipulides « danseurs » !... Avez-vous remarqué, dès le printemps, ces nombreuses bestioles qui dansent le soir, au soleil couchant ? On les appelle vulgairement « Moucherons », et leurs évolutions présagent le beau temps. On les voit par groupes, se croiser, monter, descendre : ce sont les préludes de la pariaade. Pour ces réjouissances aériennes, il faut du soleil et un air parfaitement calme !... Autrement, si les nuages arrivent avec une forte brise, les danseurs disparaissent, regagnant leurs abris. L'ensemble des groupes produit un effet de confusion, mais, si vous isolez un ou deux individus, vous les verrez voler en progression verticale, comme s'ils suivaient un pas de vis polygonal, irrégulier, de 40 à 60 centimètres de diamètre (fig. 12). Les mouvements deviennent frénétiques,

quand la troupe passe de l'ombre au soleil, et le nombre des virages brusques est fort variable, de même que l'allure de la danse.

Le « vol de ponte » des Tipulides est aussi très caractéristique. Comme nous avons spécialement étudié ces Diptères aux aspects bizarres, nous prenons encore des exemples parmi les insectes de ce groupe. Nous avons observé des pontes de Tipules, de Pachyrhines au bord des mares, dans les bois humides, le long des fossés, même dans les jardins où l'on avait pratiqué de récents arrosages. Les femelles s'approchaient des endroits choisis et prenaient une allure dansante, ou plutôt sautillante, s'élevant à 15 ou 20 centimètres du sol, en S (fig. 13), puis se laissaient retomber, plaçant leur abdomen presque verticalement. En un clin d'œil, la tarière de l'insecte s'enfonçait dans la terre, laissant échapper un œuf O, puis il se relevait et recommençait tout près son manège, éparpillant ainsi sa ponte en dansant.

Des atterrissages parfaits

Les finales de vols, ou « atterrissages » ne se présentent pas de la même façon chez tous les Diptères. Les uns (fig. 14), aux pattes munies de fortes griffes, atterrissent, le plus souvent, en s'accrochant à des

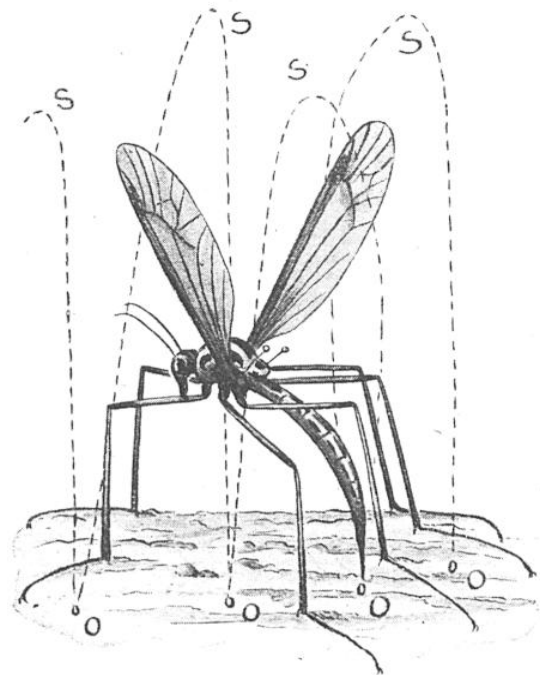


FIG. 13. — VOL DE PONTE D'UN TIPULIDE

Ce vol est composé de sauts successifs produits par l'action simultanée des pattes et des ailes.

feuilles, à des brindilles, car la trajectoire de ce vol se rapproche de l'horizontale, et l'insecte tient les pattes antérieures relevées. De plus, il freine à l'arrivée, en présentant ses ailes dans un plan voisin de la verticale. Les nombreuses bestioles qui se rapprochent de la Mouche proprement dite, atterrissent presque instantanément sur un plan quelconque, horizontal, vertical ou oblique, en se servant de leurs ailes et de leurs pattes, véritables freins perfectionnés, armés d'ongles et de ventouses minuscules qui leur permettent d'évoluer sur des surfaces parfaitement lisses.

Le vol plané

N'oublions pas de parler du « vol plané », qui soutient le Diptère dans l'espace et l'immobilise, comme s'il était soutenu par un fil invisible. Nous montrons la différence très sensible qui existe entre le vol normal et le vol plané (fig. 15). Dans le premier cas, les battements d'ailes atteignent leur

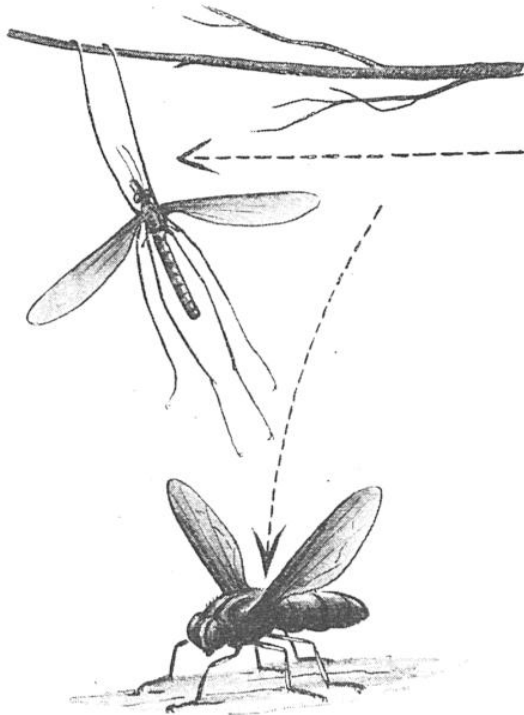


FIG. 14. — COMMENT LES INSECTES TERMINENT LEURS VOLS

En haut : la *Tipule*, terminant son vol horizontalement suivant H, s'accroche presque verticalement à une brindille, au moyen de ses pattes antérieures ; en bas, la *Mouche* se pose sur une surface horizontale, sans difficulté, grâce au freinage opéré par ses pattes.

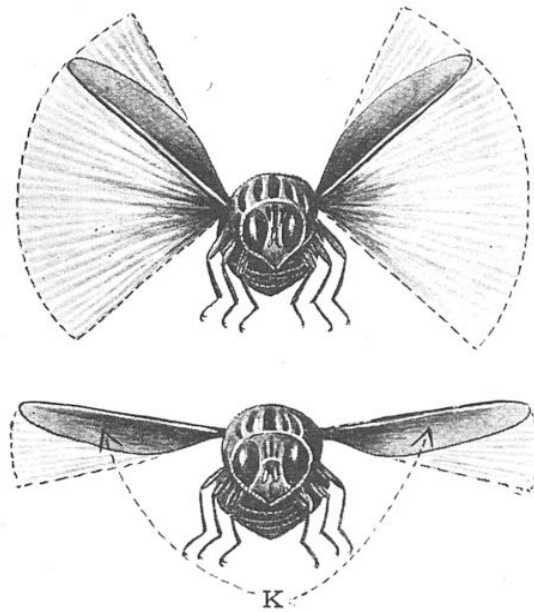


FIG. 15. — VOL NORMAL ET VOL PLANÉ

Dans le vol plané, les battements d'ailes ont une grande amplitude ; en vol plané, les battements ont une amplitude réduite.

maximum d'amplification. Dans le second, l'insecte fait face au vent, place ses ailes sur un plan légèrement incliné, pour recevoir le courant d'air, comme K, puis les agite frénétiquement, par oscillations très courtes CD, qui font penser plutôt à un frémissement qu'à des battements même réduits.

Notons que les planeurs font face au vent, non pour réagir contre le courant aérien (anémotropisme ou rhéotropisme), mais tout simplement parce qu'ils l'utilisent pour se soutenir dans l'air, avec le minimum de mouvements (fig. 16).

Dans certains espaces découverts, aux abords des bois, on voit de nombreux Taons mâles planer face à la brise, ou guettant les femelles dans les sentiers forestiers : Les Syrphes, les Volucelles, les Bombyles planent aussi, faisant presque tous entendre un bourdonnement aigu. Il est aussi de petites Mouches, surtout les Orphyres, qui évoluent à l'ombre, sous les arbres, tantôt planant, tantôt se déplaçant en exécutant de brusques crochets.

Le vol curieux d'une Mouche contre un obstacle vertical

Enfin, il est curieux d'examiner le vol du Diptère qui rencontre un obstacle vertical : mur ou vitre (fig. 17). Les ailes restent dans

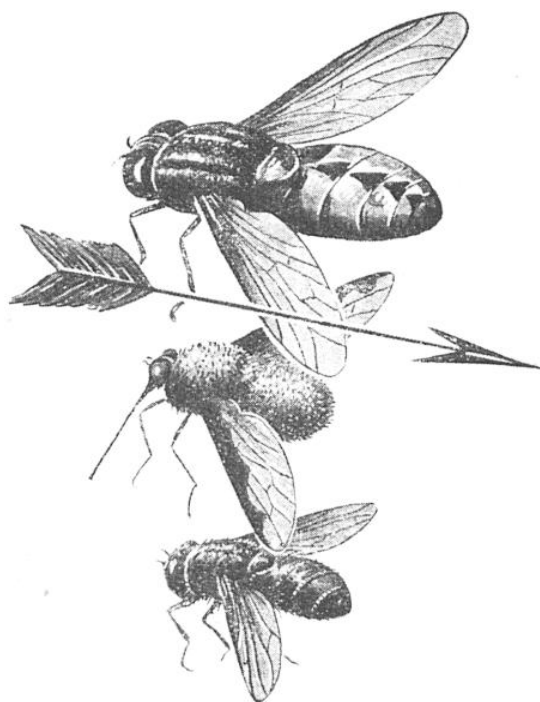


FIG. 16. — DIPTÈRES PLANEURS

De haut en bas: Taon; Bombyle; Mouche, tous orientés contre le vent (sens de la flèche).

le plan horizontal, tandis que l'axe du corps se présente verticalement. Les battements amènent forcément la progression ascendante, mais assez lente. Dans les montagnes, de petits Tipulides montent et descendent contre les rochers moussus, humides, ne semblant pas être gênés par les gouttelettes d'eau qui tombent continuellement. L'un d'eux, très commun, arrive même à se déplacer latéralement, à gauche et à droite, en s'aidant de légers mouvements d'ailes.

Précédemment, nous avons parlé des vibrations thoraciques qui concourent au vol des Diptères. Elles sont perceptibles et même sonores, lorsque l'insecte conserve l'apparence d'une complète immobilité. Une bizarre expérience, facile à réaliser, vous le prouvera. Prenez une simple Mouche, ou, pour vérifier plus parfaitement les effets, tâchez de vous emparer d'une grosse bestiole, très vigoureuse : une Volucelle, par exemple. Tenez-la d'abord par les pattes. Elle commencera presque immédiatement sa musique, sans que les ailes entrent visiblement en action ! Vous la placerez ensuite dans votre main gauche fermée, mais peu serrée. Aussitôt, l'animal fera entendre un pialement suraigu, accompagné de vibra-

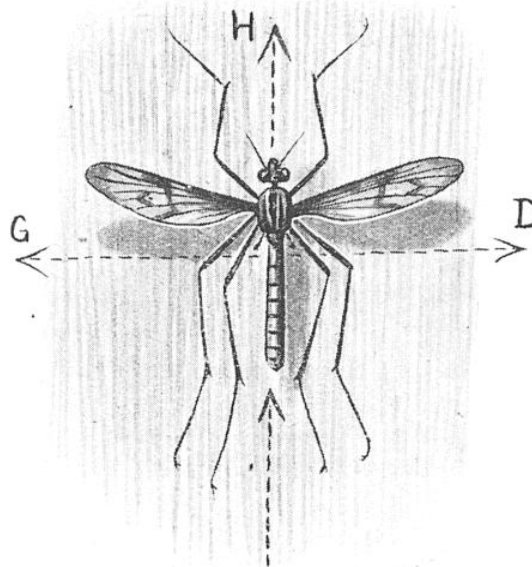


FIG. 17. — VOL CONTRE OBSTACLE VERTICAL

L'insecte, forcé au vol ascendant H, vole rarement en oblique ou horizontalement, suivant G D. Le corps du Diptère reste dans la verticale.

tions thoraciques si rapides qu'elles produisent une sorte de frémissement continu. Vous ressentirez, alors, un insupportable chatouillement prolongé, ininterrompu, sensation désagréable, qui vous ouvrira involontairement la main. Si, par hasard, un oiseau capture, sans la tuer, une Volucelle Bourdon, cette dernière, piaulant et vibrant, obtiendra le relâchement des muscles du bec de son ennemi et s'enfuira !... Moyen de défense tout au moins original !...

Ces pages et ces croquis sont destinés à éveiller votre curiosité, votre esprit d'observation. Puissiez-vous accorder quelque attention à la simple Mouche qui voltige chez vous ! Suivez ses allures, son vol, assistez à sa toilette, à ses combats !... Vous serez intéressé par ses rapides et multiples évolutions ! Au jardin vous trouverez les Syrphes planeurs ; sur les chemins, les Asiles, féroces chasseurs d'insectes ! Dans les bois, vous serez en compagnie des Taons et des Volucelles, tandis que, plus loin, les Tipules aux longues jambes fuiront parmi les hautes herbes. Enfin, le soir, au soleil couchant, vous suivrez les danses folles des Mouches !... Tous, curieux petits êtres qui ne demandent qu'à conter leur histoire !...

C. PIERRE.

VERS LA PLUS GRANDE SÉCURITÉ EN AVIATION

Par José LE BOUCHER

La sécurité aérienne englobe tout le domaine de l'aviation : choix des matériaux pour la construction des cellules, utilisation rationnelle de ces matériaux suivant les efforts auxquels ils doivent être soumis en service, stabilité de la cellule, régularité du moteur, élimination des causes d'incendie (1), étude des trains d'atterrissage, dispositif de sauvetage, etc..., sans oublier l'aménagement des aéroports et des terrains de secours. LA SCIENCE ET LA VIE a déjà exposé comment s'effectuait, en France, le contrôle des matériaux (2). Ce choix a permis de construire des avions résistants ; on peut dire, à ce propos, que ce sont ces appareils qui « cassent » le moins dans le monde, à cause de ce choix et aussi des exigences imposées par les services techniques du ministère de l'Air. Deux inventions françaises, la girouette stabilisatrice et l'aile à fente (mise au point en Angleterre), ont contribué à résoudre ce délicat problème de la stabilité, dont l'automatisme est bien près d'être réalisé.

Des mesures rigoureuses assurent aux avions français une solidité remarquable

ON peut dire, croyons-nous, que la France est, parmi toutes les nations, celle pour laquelle le pourcentage des appareils commerciaux détruits par rupture en vol est minimum.

D'où vient cette supériorité ? Des exigences imposées par les services techniques du ministère de l'Air. On ne sait pas assez que ces exigences ne sont pas le fait de notre volonté seule. Des règles internationales concernant les coefficients de sécurité ont été étudiées en commun par les délégués de tous les pays représentés à la Commission Internationale de Navigation Aérienne. Il semble donc que toutes les aviations devraient avoir sensiblement le même pourcentage de rupture en vol. Il en serait ainsi si tous les pays observaient scrupuleusement les règles édictées en commun. Mais la France seule s'y astreint et contrôle minutieusement l'observation des chiffres et des méthodes adoptés. Nos voisins et concurrents se montrent infiniment plus libéraux à l'égard de leurs constructeurs. Pour justifier leurs dérogations, ils s'abritent derrière un article du règlement de la Commission, qui précise que les règles concernant le coefficient de sécurité ne devront être obligatoirement

observées qu'après l'établissement du règlement complet concernant la construction aérienne. C'est leur affaire, comme c'est la nôtre de nous être pliés, dès le premier jour, aux décisions prises en commun. Que les chiffres auxquels on s'est arrêté, lors de cette première discussion générale, apparaissent aujourd'hui trop élevés, que certaines formules soient trop rigides, qu'elles compliquent la tâche de nos constructeurs, c'est une autre question. Ce qu'on peut dire, toutefois, c'est que la connaissance de plus en plus approfondie des matériaux employés, des efforts auxquels le planeur doit résister, et pour tout dire les progrès réalisés dans une technique qui est « en perpétuel devenir », invitent à ne pas considérer comme définitives des règles et des chiffres qui correspondent à une période du développement de la construction aéronautique et à un stade dans la connaissance des lois aérodynamiques.

Au début de l'aviation, on estimait que les efforts extrêmes pouvaient provenir des deux causes suivantes : tout d'abord, d'une houle ascendante ou, si l'on préfère, d'un courant ascendant, augmentant dans le même temps la vitesse relative et l'angle d'incidence de la voilure, et ensuite une évolution brusque consécutive à une descente rapide, on dit à un « piqué » prolongé. Dans les deux cas, l'effet était le même : augmentation momentanée de la vitesse et de l'incidence.

On devait reconnaître, par la suite, que l'influence des perturbations atmosphériques était négligeable à côté de celle des évolutions brusques. C'est alors qu'on imagina de

(1) On sait que les moteurs à combustion interne (Diesel), alimentés aux huiles lourdes, éliminent ce danger d'incendie. Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 11.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 168, page 495.

déterminer la vitesse limite en « piqué » à la verticale et de combiner cette vitesse avec la portance ou sustentation maximum de la voilure. Cette méthode n'était pas justifiée, puisque la vitesse limite et l'incidence de la portance maximum n'ont jamais lieu en même temps. On en vint ainsi à abandonner le calcul direct des efforts dus aux évolutions brusques et à se contenter de déterminer les efforts statiques en vol normal, auquel on ajoutait « un petit quelque chose » pour tenir compte des accélérations possibles.

Ce « petit quelque chose », c'est ce qu'on appelle le coefficient de sécurité. Avant 1914, au début de l'aviation, ce coefficient était de 3 environ.

La période de guerre devait apporter des changements rapides dans les méthodes de calcul. Les formules imaginées par les services techniques français et allemand étaient les plus originales.

Le système français, dû à M. Caquot, consistait à introduire des valeurs moyennes pour les coefficients aérodynamiques et pour le rendement d'hélice. Quant au facteur de charge nécessaire pour que la cellule réponde aux conditions de sécurité désirées, il était obtenu en fonction de la puissance motrice, de la surface alaire et de la vitesse en palier.

Disons, tout de suite, que le facteur de charge, suivant la définition de M. Léon Kirste, est toujours le produit d'un « facteur de surcharge par un coefficient de sécurité ».

L'avion doit résister aux efforts « accidentels » résultant de certaines manœuvres

On comprend bien, en effet, que les armatures de l'avion doivent pouvoir résister, non seulement aux réactions aérodynamiques dues au vol normal, mais encore aux efforts *accidentels* du vol normal et à ceux qui se développent au cours de certaines manœuvres : piqués, loopings, vrilles, par exemple. Pour être sûr que l'avion ne casse pas en l'air, on est donc amené à le construire de telle sorte que son armature résiste à la charge qu'elle doit normalement supporter, mais toujours à une surcharge. Cette surcharge varie suivant la destination de l'avion. Un avion d'acrobatie, par exemple, devra résister à des surcharges plus grandes qu'un appareil commercial.

La formule allemande était tout autre. Le facteur de charge était indépendant des caractéristiques de la machine. En revanche, on tenait compte de quatre régimes de vol différents : 1^o montée ; 2^o vol plané ; 3^o vol piqué ; 4^o charge par en dessus.

La formule adoptée par les Anglais comportait une diminution du facteur de charge avec le poids total, justifiée par le fait que les évolutions d'un avion lourd sont beaucoup moins brutales.

Les Italiens prévoyaient une augmentation de ce même facteur de charge en rapport avec la vitesse de l'avion.

Comme nous l'avons dit, ce fut le rôle de la Commission Internationale de Navigation Aérienne, en 1925, de tenter une unification des règlements nationaux et d'indiquer les conditions minima pour l'obtention du certificat de navigabilité. Seules, la France et la Belgique ont fait leur le règlement de la commission. Les Pays-Bas s'en sont inspirés, mais c'est tout. La Grande-Bretagne, les Etats-Unis, l'Italie ont établi des règlements particuliers, difficilement comparables entre eux, parce que souvent la définition des cas de calculs envisagés, la répartition des charges sont personnelles à chaque aviation nationale.

Un point est cependant commun à tous ces règlements. Tous les services techniques du monde ont renoncé au calcul direct des évolutions brusques et déclarent suffisant le calcul de plusieurs cas de vol non accéléré aux applications d'un facteur de charge donné par l'expérience.

Mais le « petit quelque chose », c'est-à-dire, en bref, le coefficient de sécurité, qu'on ajoutait aux avions du début de l'aéronautique a grandi. De 3, il est passé à 4, et il va jusqu'à 12 pour certaines catégories d'appareils, les avions de chasse par exemple.

Sans entrer dans des détails de calcul qui risqueraient de fausser l'opinion, on peut faire observer l'extrême souci de sécurité dont s'inspire le règlement de la Commission Internationale de Navigation Aérienne, en disant que la résistance exigée d'un avion construit selon les règles élaborées par la C. I. N. A. est trois fois plus grande que celle exigée par le règlement allemand et deux fois et demi plus grande que celle exigée par le règlement hollandais.

L'heure est-elle venue d'opérer une révision des valeurs, à la lumière de l'expérience acquise depuis 1925 et des progrès considérables qui ont été réalisés, en particulier dans la fabrication des matériaux ? M. Léon Kirste, dans le rapport qu'il a présenté au Premier Congrès de la Sécurité aérienne, sur « les règlements officiels concernant la résistance des avions », conclut par ces mots :

Les facteurs de charge indiqués par le règlement de la C. I. N. A. (Commission internationale de navigation aérienne) pourront

être diminués de beaucoup, à condition que l'on exige de justifier l'impossibilité de vibrations dangereuses.

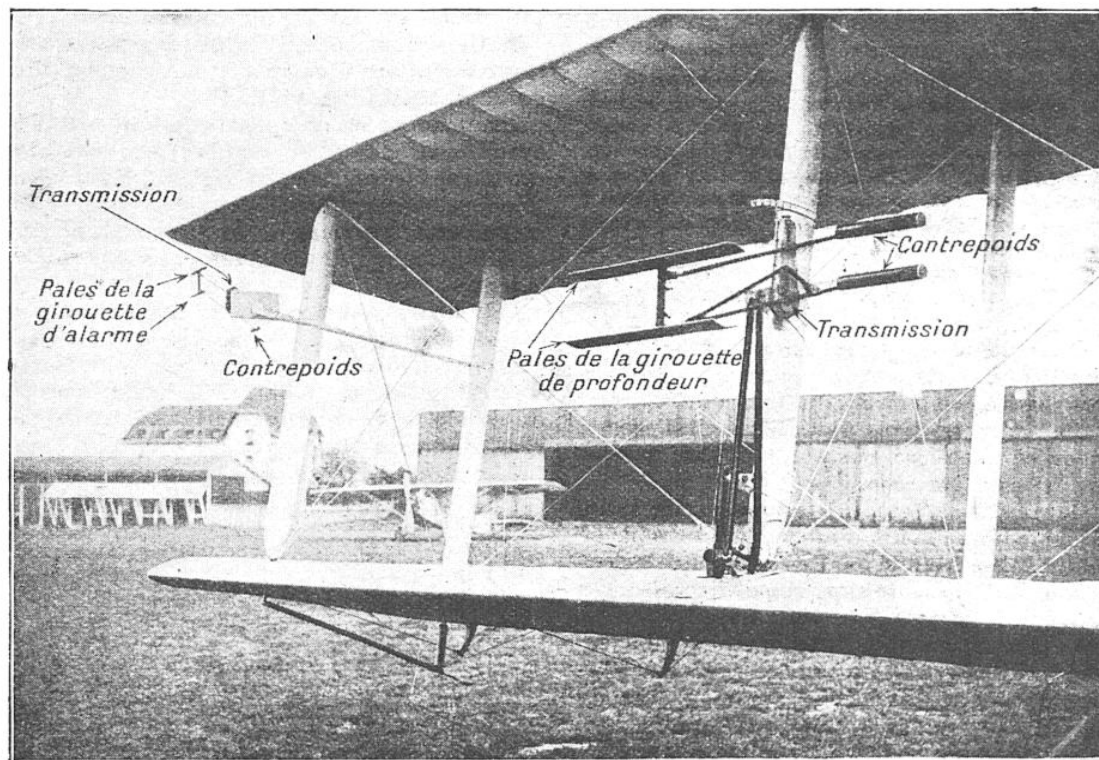
On peut également se demander si l'essai statique, ou essai de rupture, édicté par notre règlement, s'impose dans tous les cas, aujourd'hui, avec le même caractère de nécessité qu'hier? Certains veulent voir dans cet essai, essentiellement empirique et fort

plus avec la même évidence qu'il y a dix ans.

Mais qu'il soit totalement, et dans la plupart des cas, désormais inutile, c'est ce que nous nous refusons à penser. La prudence est et demeure mère de la sûreté.

Comment on assure la stabilité longitudinale et latérale des avions

On peut dire que la rupture en vol, dans le



AVION FARMAN ÉQUIPÉ DE DEUX GIROUETTES STABILISATRICES DE L'INGÉNIEUR FRANÇAIS CONSTANTIN ET D'UNE GIROUETTE D'ALARME

La girouette d'alarme actionne un avertisseur (klaxon ou allumage d'une lampe rouge) dès que l'incidence critique, compromettant la sécurité du vol, est près d'être atteinte.

coûteux, un vieux reste de barbarie, qui pouvait se justifier à une époque où les connaissances scientifiques en matière aérodynamique étaient réduites à leur plus simple expression, mais apparaît aujourd'hui archaïque et inutile.

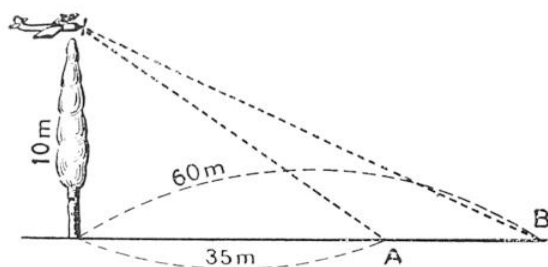
N'est-ce pas faire preuve d'une orgueilleuse présomption? La science aéronautique est-elle, dès maintenant, si solidement étayée qu'elle puisse faire fi totalement des méthodes empiriques?

On pourrait tout au plus incliner à penser que, dans certains cas de construction bien caractérisés, l'essai statique ne s'impose

cas d'avion d'utilisation normale, est presque totalement éliminée dès maintenant par ceux qui acceptent, plus ou moins en maugréant, de se plier à des règles de construction sévères, mais bienfaisantes. Malheureusement, la résistance n'est pas la seule qualité du « bon » avion. Il faut que celui-ci soit stable et maniable.

Qu'est-ce qu'un avion stable? On dit qu'un avion est statiquement stable, quand « il tend à conserver une vitesse constante et à modifier la trajectoire, dans la mesure nécessaire pour la conservation de la vitesse ». (1)

(1) Définition de l'éminent ingénieur M. F. Haus.



L'EMPLOI DES FENTES JOUE UN RÔLE BIEN-FAISANT AU MOMENT DE L'ATERRISSAGE

Un appareil muni d'ailes à fente pourra, après être passé au-dessus d'un obstacle de 10 mètres, atterrir 35 mètres plus loin, au point A, tandis qu'un appareil non muni de fentes ira normalement jusqu'au point B, c'est-à-dire à 65 mètres de l'obstacle avant de toucher le sol. Cette différence est due au fait que la ou les fentes tolèrent un angle de descente que les appareils non munis de fente doivent éviter en raison du danger de se mettre en perte de vitesse.

On comprendra que ce problème de la stabilité du planeur présente une grande complexité, en raison du fait que l'avion évolue dans les trois dimensions de l'espace et qu'en outre sa sustentation lui impose une vitesse relative.

Ce n'est pas tout. Le milieu aérien dans lequel évolue l'avion n'est pas uniformément calme. Il est troublé par des courants d'orientation et d'intensité sans cesse variables. On peut ainsi décomposer en deux ordres le mouvement général du planeur : déplacement de l'appareil autour de son centre de gravité et déplacements de ce centre de gravité.

On est appelé ainsi à donner à la cellule une *stabilité de forme* ou stabilité statique. Cette stabilité de forme, selon une heureuse définition de M. F. Haus, réside « dans la tendance que possède un avion, oscillant autour de son centre de gravité, de se placer et de rester dans une position donnée, par rapport au vent relatif ».

L'expérience démontre qu'un avion statiquement stable tend à conserver une vitesse constante et à modifier sa trajectoire dans la mesure nécessaire pour la conservation de la vitesse.

En résumé, un avion possédant une stabilité statique doit de lui-même, dans un milieu calme, prendre une ligne de vol correcte.

Cette stabilité statique a deux façons de se manifester : longitudinalement, latéralement.

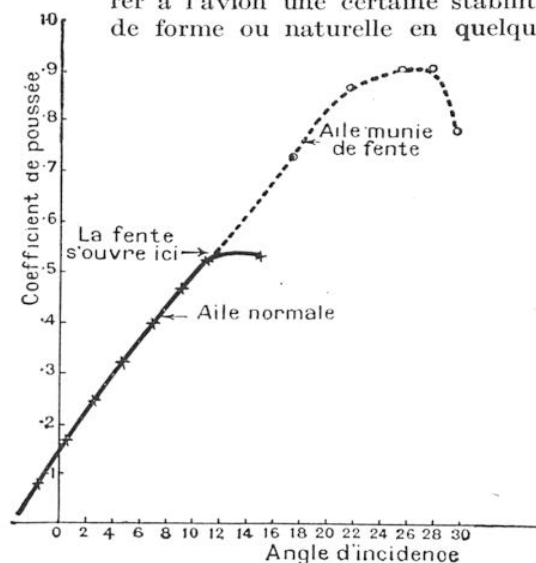
Le facteur prépondérant de la stabilité longitudinale est le centrage, défini par la position du centre de gravité par rapport au bord d'attaque de l'aile. L'expérience

démontre qu'un avion centré à 30 % du bord d'attaque de l'aile, c'est-à-dire, si une aile a un mètre de profondeur, à 30 centimètres du bord d'attaque, est stable à toutes les incidences, parce que les moments positifs ou, sans qu'il s'agisse là d'une définition, les forces bienfaisantes, si l'on veut, agissent de façon à rétablir l'équilibre. A 35 %, on observe une zone d'équilibre presque instable et, pour des centrages plus en arrière, l'instabilité est de plus en plus accentuée.

A l'heure actuelle, l'établissement du centrage optimum d'un avion ne présente plus guère de difficultés ni d'alarmes.

Beaucoup plus compliquée est la stabilité latérale, en raison du nombre des variables qui interviennent dans le problème. Les forces et les couples qui intéressent l'équilibre latéral sont fonctions de la vitesse et de deux angles : l'angle de dérapage et l'angle d'incidence.

Ici encore, il est possible, en donnant du « dièdre » aux ailes, c'est-à-dire en construisant celles-ci de telle sorte que leur forme rappelle celle d'un V à branches très ouvertes, ou en établissant de grandes surfaces de dérive au-dessus du centre de gravité, d'assurer à l'avion une certaine stabilité de forme ou naturelle en quelque



CE GRAPHIQUE REPRÉSENTE LE BÉNÉFICE DE SUSTENTATION QUI RÉSULTE DE L'EMPLOI DE L'AILE À FENTE

L'angle d'incidence d'une aile non munie de fente atteint son maximum vers 15° au delà duquel la sustentation diminue et tend vers la perte de vitesse. Comme on le voit par le pointillé, la même aile, mais munie de fente, atteint son angle maximum de sustentation vers 26-28°. Tout le trait pointillé représente donc le bénéfice dû à l'emploi des fentes.

sorte. Les surfaces de dérive, qui constituent des plans fixes verticaux situés dans l'axe du gouvernail de direction, contribuent à placer l'avion et à le maintenir dans le lit du vent et également à le redresser. Mais il est, néanmoins, démontré qu'en cas de mauvais temps, un appareil dont les coefficients de stabilité statique longitudinale et latérale sont les mieux choisis, ne peut voler, commandes bloquées. L'avion a besoin d'un pilote.

Vers la stabilité automatique

Il fut un temps, qui n'est pas loin, où l'on pouvait croire que l'avion aurait toujours besoin d'un pilote. Les résultats obtenus par le regretté Rougerie, grâce à sa méthode de pilotage sans visibilité extérieure, ont porté un premier coup, et sérieux, à cette croyance.

Il est démontré aujourd'hui qu'il est possible de piloter correctement un avion en se fiant uniquement aux indications fournies par un indicateur de vitesse, un indicateur de pente longitudinale, un indicateur de pente latérale, un indicateur de virage et une boussole.

A ces instruments, qui représentent l'indispensable et le nécessaire, viendront peut-être s'ajouter, un jour, un indicateur d'incidence et un indicateur de dérapage.

Or, si quelques instruments suffisent à indiquer les manœuvres à effectuer, est-il follement audacieux d'imaginer qu'un autre instrument pourra, lui, effectuer ces manœuvres ? Nous ne le croyons pas. Et c'est ainsi que la stabilité automatique n'apparaît plus comme le rêve d'une imagination débridée. Au demeurant, les chercheurs se sont depuis longtemps attaqués au problème. On connaissait déjà, en 1914, le stabilisateur longitudinal de Sperry. Avant lui, Moreau avait, en 1912, imaginé un système pendulaire. En 1926, M. Constantin a présenté sa girouette de direction (1). En 1928, on a vu un nouvel appareil dû à M. Boikow.

Il est également possible d'imaginer des stabilisateurs latéraux actionnant soit le

gouvernail de direction, soit les ailerons ; mais, bien entendu, le problème est ici plus complexe, parce que la stabilité statique latérale est, comme nous l'avons dit, plus complexe à réaliser que la stabilité longitudinale. Les variables qui entrent en jeu dans le cas de la stabilité latérale sont nombreuses ; citons, parmi celles-ci : le dérapage, la vitesse de roulis, la vitesse d'embardée, l'inclinaison latérale, etc.

Néanmoins, une girouette appropriée, des gyroscopes fixes ou librement suspendus, soit les deux ensemble, un pendule, un compas, pourront peut-être, un jour prochain, constituer des stabilisateurs latéraux automatiques satisfaisants.

Déjà, les essais entrepris par M. Constantin, avec ses girouettes agissant sur les ailerons, ont apporté de nouveaux éléments intéressants dans la connaissance de la stabilisation automatique.

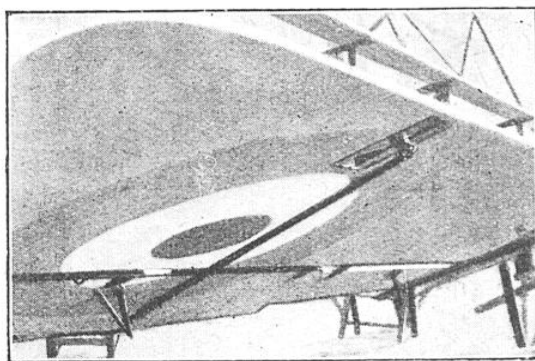
Les avions transformables résoudre-t-ils le problème de la stabilité ?

Ce qu'on a lu plus haut vaut évidemment dans le cas des avions rigides, c'est-

à-dire dans le cas d'appareils dont la cellule et le fuselage sont solitaires. Toutes les réactions subies par les ailes sont transmises au fuselage, et inversement. La déformation de la cellule est nulle, si l'on fait abstraction des ailerons.

Il est évidemment possible d'imaginer — de nombreux ingénieurs y ont songé depuis longtemps — une désolidarisation de la voilure porteuse et des parties lourdes de l'appareil. Ceux qui la préconisent — M. Louis de Monge, en particulier, et M. Legat — assurent qu'il serait possible ainsi de réaliser l'avion autostable.

La mise en pratique du principe de la déformabilité de l'avion se prête évidemment à de nombreuses formes de construction. Les ailes peuvent être montées folles sur un axe transversal situé dans la région que peut occuper le centre de poussée. Si ces ailes possèdent la stabilité de forme, c'est-à-dire une sorte de stabilité naturelle, elles



AILE A FENTE RÉALISÉE PAR LE CONSTRUCTEUR ANGLAIS HANDLEY PAGE

A l'avant, le bord d'attaque mobile se soulève, tandis que le bord de fuite s'abaisse, ménageant ainsi une seconde fente à l'arrière de l'aile.

s'orienteront automatiquement de telle façon que la poussée de l'air passera par l'axe de rotation. L'angle d'attaque restera donc constant, et cela même dans l'air agité, puisqu'il est possible de construire des ailes dont le moment d'inertie longitudinal soit très faible. Sans doute, il faudrait même éviter que l'appareil soit sensible aux variations brusques de vitesse. Il faut faire en sorte que l'angle d'attaque diminue automatiquement, quand la vitesse relative augmente et vice versa. En disposant l'axe de rotation des ailes en avant du centre de poussée, et en équilibrant la poussée de l'air par un ressort qui tendrait à ramener la partie arrière des ailes de haut en bas, on peut arriver au résultat désiré.

Les nombreuses expériences auxquelles s'est livré M. de Monge, depuis des années, sur ce sujet de l'avion déformable, ont donné de très curieux résultats.

Le principe de l'avion déformable a trouvé déjà un commencement d'application, semble-t-il, dans l'adoption qui tend à se généraliser aux Etats-Unis, en particulier, de l'aileron flottant. Normalement, c'est-à-dire dans le cas des ailerons commandés, quand un aileron s'abaisse, l'autre se relève d'une égale valeur. Il s'ensuit d'abord une déformation de la *polaire*, c'est-à-dire de l'ensemble des propriétés de l'aile, qui diminue le rendement aérodynamique, et ensuite la naissance d'un moment de roulis, analogue à celui des vagues, et d'un moment de giration qui tend à faire tourner l'avion. Si les ailerons flottent librement autour de leur axe et dans le lit du vent, on escompte qu'ils épouseront les caprices du vent, de façon telle qu'ils collaboreront d'eux-mêmes au retour de l'équilibre normal, sans que leur action bienfaisante se double, comme c'est le cas pour les ailerons différentiels, d'une action néfaste. La déformation brusque de la cellule se trouve ainsi supprimée, et les propriétés de l'aile demeurent constantes, du moins telle est la théorie.

Des expériences fort intéressantes ont été faites, à ce sujet, par M. Albert Toussaint dans la grande soufflerie de l'Institut aérotechnique français.

Les essais effectués sur une aile rectangulaire et sur une aile elliptique aux ailerons flottants, avec des profils différents, ont donné des résultats assez variables. Il est nécessaire d'attendre des expérimentations complémentaires avant de se faire une idée nette de l'influence bienfaisante, neutre, ou même néfaste dans certains cas, que peuvent avoir les ailerons flottants. M. Tous-

saint a noté, en effet, qu'au voisinage de l'angle de portance maximum et au delà de cet angle, le moment de roulis diminuait rapidement et changeait même de signe, c'est-à-dire qu'au lieu de redresser l'avion, les ailerons flottants pouvaient agir, non dans le sens du redressement, mais contribuer à accentuer le déséquilibre. Cela constitue un grave défaut du dispositif d'ailerons flottants pour la gouverne latérale dans cette zone d'incidence.

Un grave danger : la perte de vitesse

L'avion est solide, l'avion est maniable et stable. Voilà déjà des problèmes, solidité, maniabilité, stabilité, dont la technique a réussi à démêler les causes, et d'où elle a tiré des lois générales de construction. Déjà la sécurité générale a grandi. Il reste toutefois d'autres points encore mystérieux. L'un d'eux, le plus grave, est connu sous le nom de perte de vitesse.

Un avion solidement construit, stable de forme, maniable, dépasse, pour une raison ou une autre — baisse de régime du moteur, faute de pilotage — l'angle d'incidence maximum de portance. Que se passe-t-il ? L'aile qui s'enfonce voit sa portance diminuer ; elle sera donc moins soutenue que l'aile qui se relève, et le mouvement de roulis, au lieu d'être amorti, sera amplifié.

D'un autre côté, la traînée (force nuisible) de l'aile qui s'abaisse augmente, tandis que celle de l'aile qui monte diminue. L'avion aura ainsi tendance à virer autour de l'aile qui descend. L'aile montante extérieure au virage sera soumise à une vitesse plus grande que l'aile intérieure. La réaction qui s'exerce sur cette aile augmentera en raison du fait que les réactions restent toujours proportionnelles au carré de la vitesse. De ce fait, la portance est accrue et le roulis, amplifié. La combinaison de ces mouvements tend à diriger l'avion vers le sol et à lui faire décrire une vrille.

D'autre part, les ailerons exercent simultanément un couple de roulis, du fait que, si l'un s'abaisse, l'autre monte, ce qui crée un couple bienfaisant et un couple de lacet, parce que la surface d'aileron qui intervient pour redresser latéralement l'appareil tend à lui faire tracer un lacet sur sa trajectoire. Or, quand l'incidence croît, la différence de traînée des ailerons augmente considérablement le couple de lacet, couple néfaste, tandis que l'effet utile — couple de roulis — décroît.

Ce couple de lacet, aux grandes incidences, a une action telle que le pilote, agissant sur

ses ailerons pour arrêter une amorce de vrille, accroît, au contraire, cette tendance.

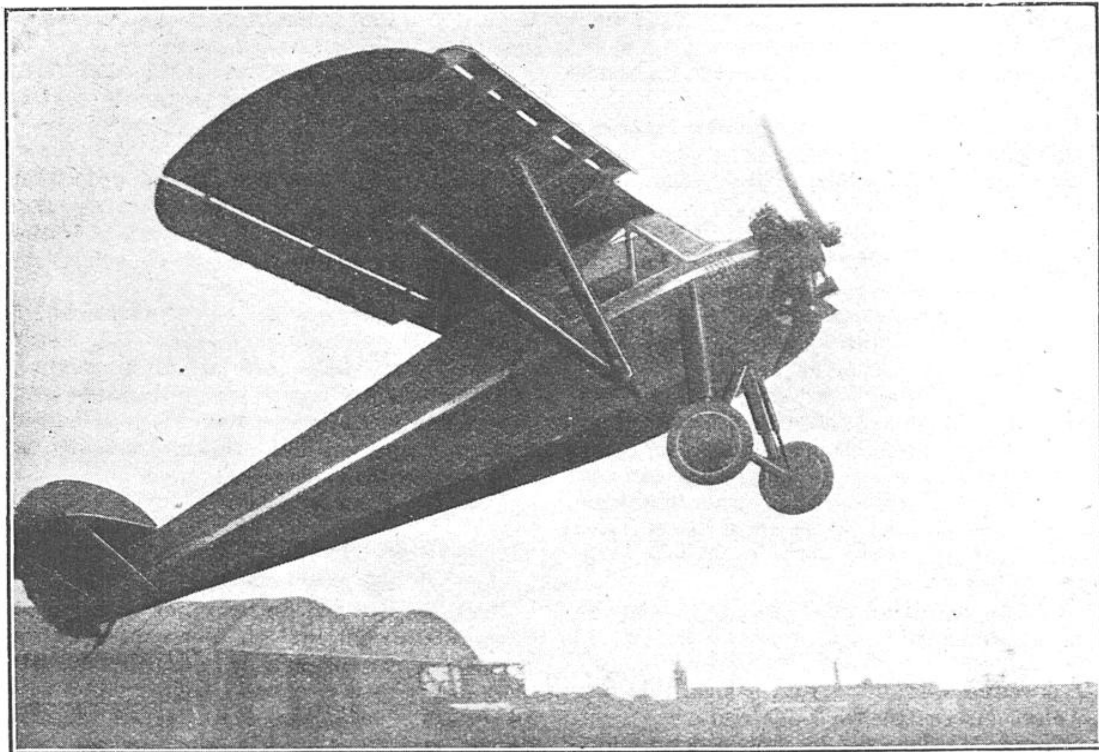
Il importe donc d'empêcher à tout prix que l'avion dépasse cet angle maximum de portance au delà duquel l'avion se met en perte de vitesse et généralement en vrille.

Il y a plusieurs manières de s'attaquer au problème.

Les uns sont partisans d'avertir ce pilote du moment où il va entrer dans la zone dan-

gisse de « voyant », de sonnerie, de coup de poing. Enfin — et c'est, croyons-nous, l'argument le plus sérieux contre l'avertisseur de perte de vitesse — il devra tolérer une large marge de sécurité. Or, quand un pilote aura été *averti* plusieurs fois et qu'il n'aura rien remarqué d'anormal dans son vol, il cessera bien vite de faire confiance à son indicateur.

Ce côté psychologique de la question ne



DÉCOLLAGE D'UN « POTEZ-36 » MUNI DU « BEC DE SÉCURITÉ »

Remarquer le cabrage de l'appareil qui, même sous cet angle, n'a pas tendance à glisser.

gereuse. Ceux-là préconisent un avertisseur quelconque, sonore, visuel, ou « coup de poing », type Bromson. Ce dernier appareil donne une sorte de coup de poing sur le manche à balai, ce qui constitue un *avertissement* au pilote. Le ministère de l'Air va inévitablement créer, d'ailleurs, un concours d'avertisseurs de perte de vitesse.

Avouons-nous que ce système d'avertisseur, qui présente certainement quelques avantages, ne nous emballa guère cependant. L'avertisseur, ou sonore, ou électrique, ou tout autre, car on peut imaginer de multiples sortes d'appareils, devra subir un réglage propre à chaque appareil. En outre, il fera intervenir une solution *mécanique*, qu'il s'a-

doit pas être laissé de côté. Il serait curieux et très intéressant, néanmoins, de voir les résultats du concours organisé par le ministère de l'Air. Qui sait si un inventeur n'aura pas une idée susceptible d'écarter les inconvénients qu'on distingue *a priori* dans l'avertisseur de perte de vitesse.

Les bienfaits de l'aile à fente

Beaucoup plus élégante, pour écarter le danger de perte de vitesse, est la solution de l'aile à fente.

Dans ce cas, on ne s'attaque pas au pilote, mais à la machine. On cherche à améliorer ses qualités aérodynamiques, de façon à reculer le plus possible le moment où l'appareil

reil aura tendance à s'enfoncer, à glisser et enfin à vriller.

En résumé, on cherche, par l'aile à fente, à obtenir des sustentations maxima très élevées. Dès avant la guerre, un Français, M. Constantin (1), avait pressenti les bienfaits de la fente. Depuis, M. Handley Page (2), en Angleterre, a pratiquement réalisé le système qui consiste à intercaler une fente sur le passage du fluide au bord d'attaque de l'aile.

On s'est aperçu que les filets d'air, aux grands angles d'incidence, avaient tendance à ne plus épouser l'extrados de l'aile, mais, au contraire, à s'en éloigner et à créer des tourbillons.

Si, au contraire, on intercale une fente ou plusieurs sur le passage du fluide, on évite la formation des décollements et des tourbillons.

L'idéal, évidemment, après ce qu'on vient de lire, serait de construire une aile qui aurait la forme d'une persienne. Les nécessités de la construction ne permettent pas ou n'ont pas encore permis d'aller jusque-là. On s'en tient à une ou deux fentes.

Pour avoir une idée du bénéfice qui résulte de l'emploi des fentes, disons qu'un profil à trois fentes et, par suite, composé de quatre éléments séparés par des canaux longitudinaux, donne une augmentation relative de portance d'environ 60 % par rapport à la portance d'un profil plein de même allongement.

Avec un profil à six fentes, on a obtenu une portance égale à 2,5 fois celle des profils usuels.

L'épreuve démontre qu'un profil à une fente est susceptible de fournir une portance maximum de l'ordre de 2,05 à 2,10, alors qu'il donne seulement 1,45 quand sa fente est fermée.

Cet avantage se paie évidemment très cher. M. Toussaint, l'éminent directeur de l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr, estime que ces sustentations élevées sont obtenues au prix d'une résistance de profil qui est sensiblement le double de celle du profil plein.

Cet inconvénient est permanent quand la fente est fixe, temporaire quand la fente est mobile.

En France, M. Potez s'est fait le champion de la fente fixe, appelée « bec de sécurité ».

Des essais auxquels s'est livré M. Potez, il ressort que son « étude de sécurité » lui a permis d'augmenter la portance de l'aile d'environ 46 %. L'angle d'attaque se trouve

porté à son maximum, à 35° environ, au lieu de 18°, pour un même profil non muni du « bec ».

Cet angle est si considérable que le pilote le moins averti ne peut l'atteindre involontairement. A titre de comparaison, disons que cet angle d'attaque de 35° est bien supérieur à l'angle d'attaque du Potez 36, roues et béquille au sol, qui ne dépasse pas 14°. L'avantage de cet écart de 21° est évidemment considérable en matière de sécurité. Il pardonne les fautes de pilotage au décollage, particulièrement dangereuses.

Mais, comme nous l'avons dit, cette fente fixe entraîne une augmentation de traînée (force nuisible) qui diminue considérablement la vitesse.

La fente mobile automatique, préconisée et réalisée par M. Handley-Page, présente d'autres inconvénients : ouverture et fermeture plus ou moins fantaisiste, en raison des vibrations et des tourbillons.

Certains préconisent, non sans raison, la fente commandée. Dans la zone dangereuse, décollage et atterrissage — disons quand l'appareil serait au-dessous de 500 mètres — le pilote ouvrirait sa ou ses fentes. Au delà, il les fermerait, et ainsi l'appareil reprendrait toutes ses qualités de vitesse.

Est-ce là la vraie solution ?

Les progrès réalisés dans les trains d'atterrissage

Il est impossible de terminer cette petite étude des améliorations incessantes apportées ou à apporter à la sécurité du planeur — car nous ne nous sommes préoccupés ici que de la sécurité au point de vue de la construction du planeur — sans dire un mot des progrès réalisés dans la construction des trains d'atterrissage : trains à très large voie et sans essieux, tolérant l'atterrissage sur des terrains de fortune et même dans les blés hauts, système de suspension éliminant complètement le caoutchouc au bénéfice des freins pneumatiques et oléo-pneumatiques, plus sûrs, plus résistants, plus faciles d'entretien, pneus à très grosse section et basse pression, freins sur les roues réduisant la longueur de la course à l'atterrissage et facilitant la maniabilité de l'appareil au sol ; enfin remplacement de la béquille arrière, brutale pour le fuselage, dangereuse pour les terrains qu'elle laboure, par une petite roue, tels sont quelques-uns des intéressants progrès réalisés dans le dessein de doter le planeur d'une sécurité toujours plus grande.

J. LE BOUCHER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 161, page 376.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 168, page 452.

VOICI UN EXEMPLE REMARQUABLE D'AMÉNAGEMENT RATIONNEL DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE D'UN FLEUVE

Par Paul LUCAS

Le développement industriel ultra-rapide de certaines agglomérations américaines a posé, avec une intensité toute particulière, le problème capital de leur alimentation en énergie. Un remarquable exemple nous en est fourni par la ville de Seattle, sur le littoral du Pacifique, aux Etats-Unis (Etat de Washington), dont la population est passée de quelques centaines de bûcherons en 1870, à près d'un demi-million d'habitants aujourd'hui. C'est par l'utilisation rationnelle de l'énergie hydraulique d'une rivière voisine, le Skagit, que cette énergie nécessaire à l'agglomération a pu être produite. Trois barrages se succéderont, en effet, à 10 kilomètres les uns des autres. Le premier, déjà construit, alimente une centrale de 75.000 ch. Le deuxième, terminé également, fera tourner les turbines de 95.000 ch chacune de la deuxième centrale en construction. Ces turbines hydrauliques seront les plus puissantes du monde, comparables à celles fournies par l'industrie américaine pour la centrale russe sur le Dniepr (1). Le troisième barrage, encore en projet, est prévu pour 500.000 ch.

VERS 1870, Seattle, dans l'Etat de Washington, aux Etats-Unis, n'était qu'un modeste village de bûcherons et de pêcheurs ; aujourd'hui, il compte 365.000 habitants dans la ville même, et le district urbain en réunit près de 470.000. Cette rapide croissance est due à sa situation privilégiée, à l'extrémité nord de la côte du Pacifique des Etats-Unis, qui en fait le débouché naturel de tout le commerce avec l'Alaska et d'une fraction très importante des échanges avec l'Orient. En cinquante ans seulement, Seattle est devenu un des principaux centres industriels de la côte du Pacifique. Il convient de rendre hommage à l'esprit d'entreprise de ses habitants, qui, depuis le début de ce prodigieux développement, ont toujours veillé à ce que la ville soit dotée des moyens matériels les plus perfectionnés et les plus modernes. C'est la municipalité elle-même qui, dès 1904, fit aménager la première usine hydroélectrique de la région pour alimenter l'éclairage public. Depuis cette époque, on peut dire que la consommation d'énergie électrique a doublé, en moyenne, tous les cinq ans, et ce rythme ne semble pas près de ralentir à l'heure actuelle. C'est ainsi que la municipalité qui, depuis l'origine, s'est occupée elle-même aussi bien de la production que de la distribution de l'énergie électrique, au lieu de confier cette mission à des parti-

culiers, a été amenée à mettre sur pied un vaste projet de construction d'usines et de barrages, pour couvrir les besoins sans cesse grandissants des services publics et des particuliers, tant en ce qui concerne la force motrice que l'éclairage.

Une rivière courte, mais abondante

Le projet en question, déjà partiellement réalisé, consiste à aménager complètement, au point de vue hydraulique, le tiers supérieur de la rivière Skagit, relativement voisine de la ville. C'est une des plus importantes rivières courtes du monde. En effet, prenant sa source dans la chaîne des Cascades, elle n'a pas plus de 200 kilomètres de long, mais, grâce à un nombre considérable d'affluents d'importance variable, elle draine un territoire couvrant plus de 3.000 kilomètres carrés, s'étendant en partie au Canada.

Déjà, en 1924, était terminé le premier barrage appelé barrage de la Gorge et était mise en service la centrale correspondante, capable de fournir une puissance de 75.000 ch. C'était la première étape du gigantesque projet visant la construction de trois barrages associés à trois centrales devant donner, dans l'ensemble, 1.120.000 ch.

Comment fut établi le barrage du Diable

Le deuxième barrage prévu, le barrage du Diable, est actuellement terminé, et la centrale correspondante sera mise en ser-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 263.

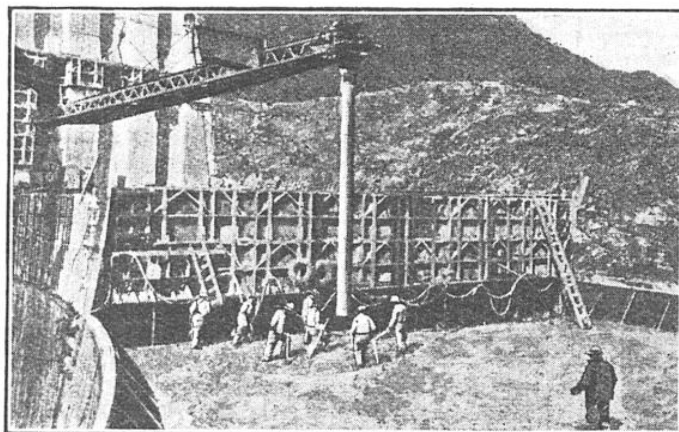
vice en 1932. Cet ouvrage, édifié à environ 12 kilomètres en amont du barrage de la Gorge, se compose d'une arche centrale se raccordant avec deux parties rectilignes servant de déversoir pendant les fortes crues du fleuve. Il a environ 120 mètres de haut et 360 mètres de long, mesurés à la partie supérieure. Sa base est large de 43 mètres et son sommet, de 5 mètres. Sa construction a exigé 270.000 mètres cubes de béton. Derrière le barrage s'est formé un lac de 10 kilomètres de longueur, et on peut évaluer à 110 millions de mètres cubes le volume d'eau ainsi mis en réserve.

La construction du barrage présentait d'assez grosses difficultés, dues à la situation des chantiers dans un pays inhabité, à la difficulté d'amener les matériaux à pied d'œuvre et aussi à la configuration du terrain. La rivière Skagit, en effet, coule au fond d'une gorge profonde creusée dans du granit, extrêmement sinueuse et de largeur variable.

Pour assécher en premier lieu le lit de la rivière, on construisit un premier barrage provisoire, détournant les eaux dans un tunnel souterrain creusé dans le roc et débouchant en aval du barrage principal. Le barrage provisoire, de 77 mètres de long, était constitué d'une armature de bois, troncs de sapins coupés dans les forêts du voisinage, dont certains atteignaient 1 mètre à 1 m 25 de diamètre et 12 mètres de longueur. Ces troncs, réunis par des boulons ou par des ligatures de fil de fer, formaient un treillis dont une extrémité fut lestée avec des rochers et coulée jusque sur les graviers du fond de la rivière. Puis, au moyen de palplanches métalliques de 35 centimètres de large, enfoncées dans le lit de la rivière, on renforça convenablement cette armature en bois. Cependant, si ce barrage rudimentaire suffisait pour détourner dans le tunnel la presque totalité de l'eau de la rivière,

il ne pouvait protéger les chantiers contre les infiltrations à travers le très gros gravier qui garnissait le fond de la rivière et dans lequel, étant donné sa dureté et ses dimensions, il était pratiquement impossible d'enfoncer des palplanches métalliques, comme on le fait généralement. Les infiltrations provenant aussi bien de l'aval que de l'amont, on forait, dans le gravier, deux rangées de trous de 15 centimètres de diamètre, espacés de 3 mètres environ, l'une des rangées étant juste en amont de la base du barrage principal, et l'autre à 30 mètres en aval. Du béton, injecté dans les trous

ainsi creusés jusqu'au roc formant le lit de la rivière, eut pour effet de consolider le gravier dont l'épaisseur atteignait, à certains endroits, 15 mètres, et de constituer deux véritables murs étanches dont on put évaluer l'épaisseur à 8 mètres environ. Malgré tout, le béton sous pression ayant de la difficulté à contourner des pierres plates



UN CURIEUX PROCÉDÉ DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DU DIABLE, PRÈS DE SEATTLE, SUR LA CÔTE DU PACIFIQUE (ÉTAT DE WASHINGTON, ÉTATS-UNIS)

Le béton fut amené par transporteurs et une manche verticale le distribuait sur le chantier où les ouvriers le tassaient.

de dimensions assez grandes, il subsista quand même quelques fuites, particulièrement au voisinage des rives, mais heureusement peu importantes et que des pompes suffisaient à neutraliser.

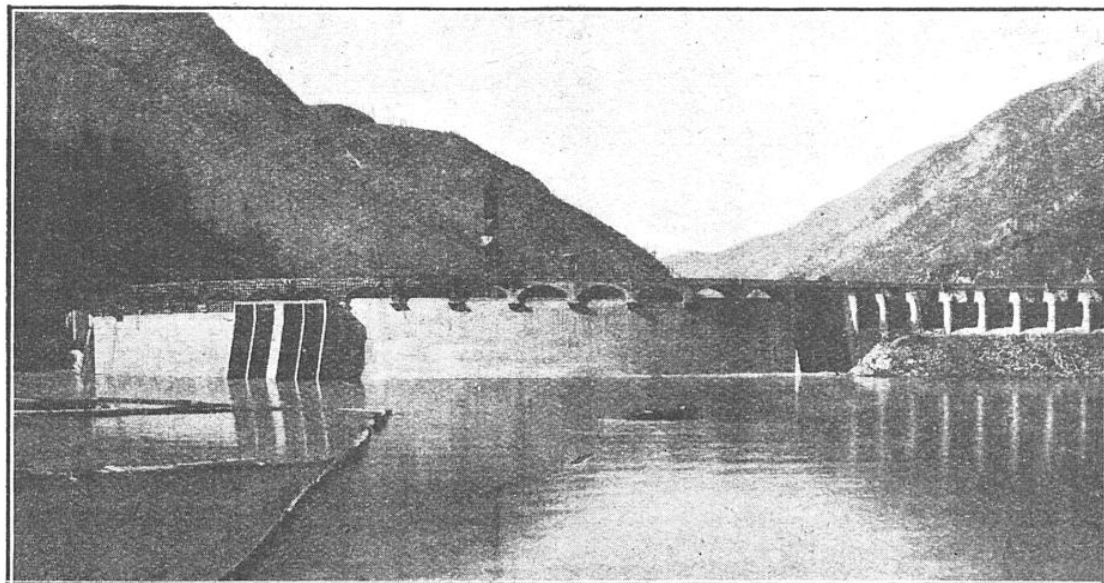
Le tunnel creusé à travers le roc pour détourner les eaux de la rivière avait 6 mètres de diamètre et 200 mètres de long. Son ouverture était disposée à 75 mètres en amont du barrage. La section du tunnel qui se trouvait à l'aplomb du barrage fut, une fois ce dernier terminé, remplie de béton, par mesure de sécurité.

La roche qui constitue le lit de la rivière fut creusée sur une profondeur de 15 mètres pour loger les fondations du barrage, qui fut également solidement ancré aux rives, où les excavations atteignirent par endroits 20 m et plus de profondeur. Il fallut, au total, extraire 175.000 mètres cubes de roches d'une dureté telle que l'on dut armer les

lames des pelles à vapeur, servant aux excavations, de dents en acier chromé, les aciers au manganèse utilisés habituellement étant usés au bout d'un temps très court, de l'ordre de quelques heures.

Le sable et le gravier pour la confection du béton étaient pris dans le lit de la rivière au moyen de bennes racleuses et envoyés aux ateliers de criblage et de lavage. Les morceaux trop gros pour être utilisés directement passaient par une station de concassage installée spécialement à proximité.

mité d'une poutre en acier et pivotait autour de l'extrémité mobile du premier transporteur. Le béton, élevé par un monte-charge placé à l'intérieur de la tour, était déversé sur le premier transporteur à rouleaux, puis, parvenu à son extrémité, tombait sur le deuxième et, de ce dernier, directement à l'endroit du chantier où il devait être coulé. Chacun des transporteurs était actionné par un moteur de 5 ch, la vitesse du deuxième étant légèrement supérieure à celle du premier (93 mètres par minute contre 88) pour



VUE AMONT DU BARRAGE DU DIABLE, PRÈS DE SEATTLE (ÉTATS-UNIS)

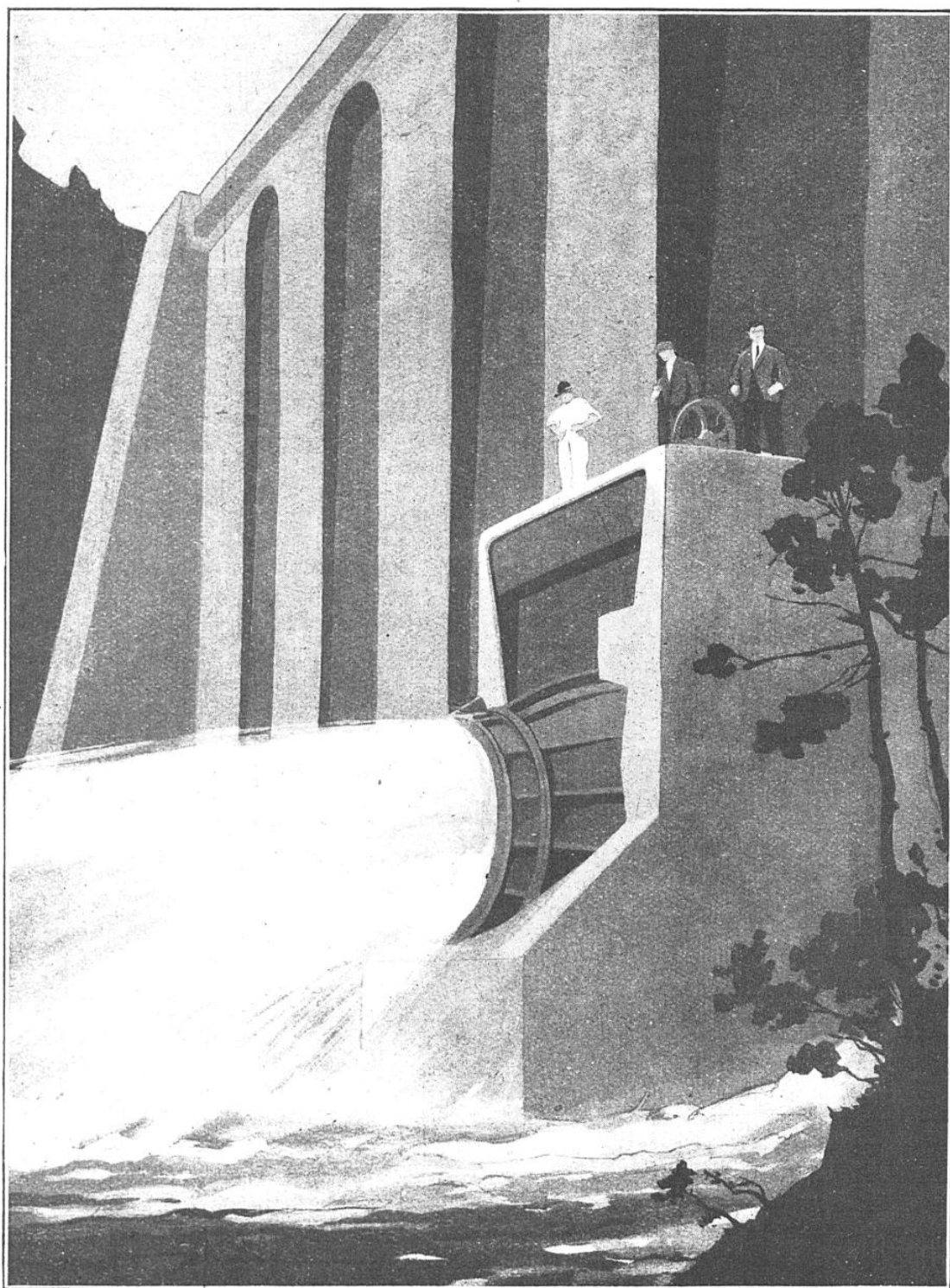
De 120 mètres de haut et de 360 mètres de long, ce barrage a créé un lac artificiel de 10 kilomètres de longueur contenant 110 millions de mètres cubes d'eau.

Après avoir été convenablement dosés, le sable et le gravier furent mélangés au ciment dans une trémie au bas de laquelle des wagonnets reçurent le béton et l'amènèrent au bas d'une des tours à béton (1) permettant de couler en tous les points voulus du barrage, sauf aux deux extrémités, trop éloignées. Ces tours, au nombre de deux, s'élevaient à 25 mètres au-dessus de la crête du barrage et avaient l'une 100 mètres, l'autre 130 mètres de haut. Elles comportaient toutes deux un équipage mobile articulé, déplaçable en hauteur le long des tours, suivant l'état d'avancement des travaux et consistant en deux transporteurs à bande, dont l'un était fixé à la tour par une de ses extrémités autour de laquelle il pouvait pivoter et l'autre pendait à l'extré-

éviter tout embouteillage aux articulations. A l'extrémité du deuxième transporteur, le béton tombait par une manche flexible ressemblant à une trompe d'éléphant, pour éviter la séparation intempestive de ses éléments constitutifs. Avec ce dispositif articulé, il est possible, en déplaçant lentement l'ensemble, de répandre le béton d'une manière continue en tous les endroits voulus, sans qu'il soit nécessaire de l'étendre à la main. Une équipe restreinte d'ouvriers surveille le débit des transporteurs et aplanit au fur et à mesure les petites irrégularités de la coulée. Les transporteurs ont permis de couler 85 mètres cubes de béton à l'heure.

Outre les tours, un câble-tramway de 600 mètres de long réunissait les deux rives et servait à la manutention des charges élevées pouvant atteindre jusqu'à 15 tonnes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 147, page 239.



VOICI L'UNE DES TROIS VANNES QUI PERMETTENT D'ALIMENTER LA PARTIE AVAL DE LA RIVIÈRE, LORSQUE LES TURBINES DE LA CENTRALE SONT ARRÊTÉES ET QUE LE NIVEAU DE L'EAU, DANS LE RÉSERVOIR, EST INFÉRIEUR À CELUI DU DÉVERSOIR

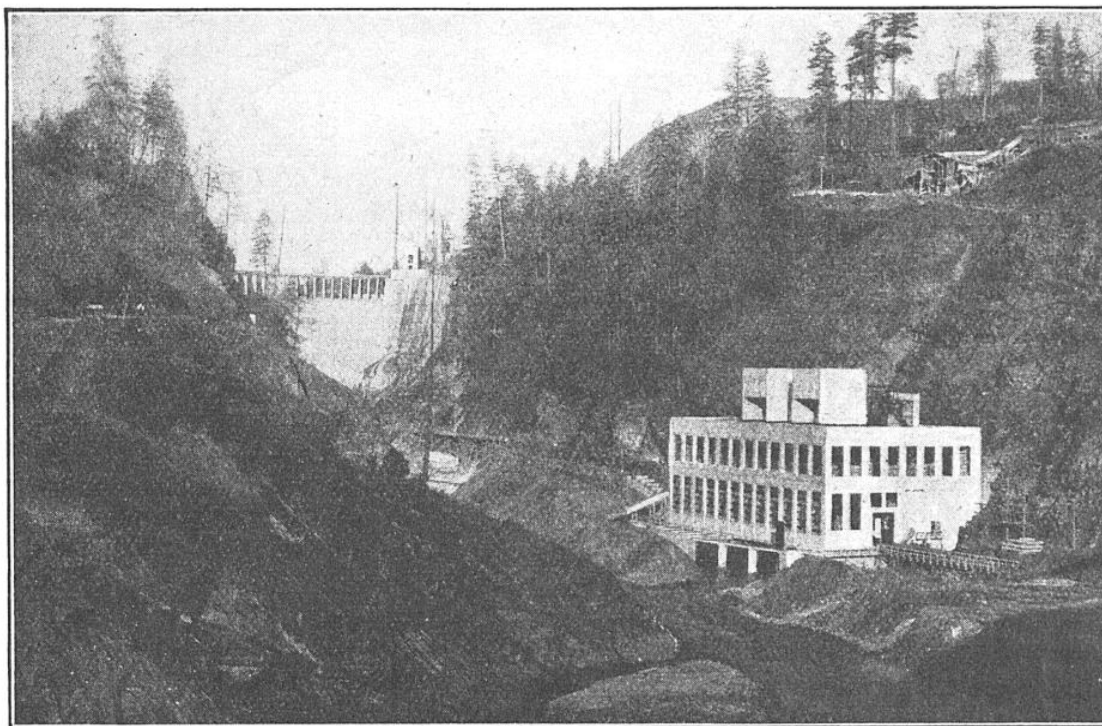
Des turbines de 95.000 ch

L'usine accompagnant le barrage sera, comme nous l'avons dit, mise en service en 1932 et sera équipée provisoirement avec deux turbines développant chacune 95.000 ch, les plus puissantes construites à ce jour. Construite sur une rive en aval du barrage, elle est alimentée par un tunnel de 600 mètres de long et de 6 mètres de diamètre aboutis-

rage et en compromettre à la longue la sécurité.

La puissance réalisée atteindra plus d'un million de chevaux

Après le barrage de la Gorge et celui du Diable, le troisième à entreprendre sera le barrage Ruby, à 10 kilomètres en amont du deuxième. Ce sera de beaucoup le plus important des trois : il aura, en effet, 185 mètres



VUE AVAL DU BARRAGE DU DIABLE ET DE L'USINE HYDROÉLECTRIQUE QU'IL ALIMENTE
Cette centrale renferme deux turbines de 95.000 ch chacune, jusqu'ici les plus puissantes du monde.

sant à deux vannes en acier donnant accès aux turbines.

Lorsque, pour une raison quelconque, les turbines sont arrêtées et que le niveau de l'eau dans le lac artificiel n'est pas suffisamment élevé pour que les déversoirs entrent en fonctionnement, il est cependant indispensable, pour les besoins domestiques et l'irrigation en aval des barrages, que le débit de la rivière conserve une valeur appréciable. A cet effet, on a prévu trois vannes supplémentaires, visibles sur la couverture du présent numéro et dont le rôle consiste uniquement à laisser échapper une partie de l'eau du lac artificiel, sans cependant que celle-ci vienne frapper le pied du bar-

de haut et 365 mètres de long. Le lac artificiel qu'il créera n'aura pas moins de 50 kilomètres de long et 2 à 5 kilomètres de large. Cette réserve de 37 milliards de mètres cubes pourra suffire pour régulariser le cours de la rivière et par conséquent la production d'énergie. D'après le projet actuellement à l'étude, deux tunnels de 200 mètres de long et de 10 mètres de diamètre alimenteront six turbo-alternateurs de 60.000 kilowatts chacun.

Lorsque avec cette troisième usine, sera terminé l'aménagement complet du fleuve, développant une puissance totale de 1 million 120.000 ch, la ville de Seattle aura consacré à ces travaux près de 75 millions de dollars (1.800 millions de francs). PAUL LUCAS.

VERS LA TÉLÉVISION PRATIQUE

L'image télévisée s'agrandit sans cesse

Par Victor JOUGLA

LA SCIENCE ET LA VIE a toujours suivi régulièrement les progrès réalisés dans le domaine de la télévision, dont la solution complète modifiera profondément les conditions de la vie moderne. Nos lecteurs savent sur quels principes, à la fois simples et ingénieux (1), se sont basés les savants et les techniciens pour mettre au point des appareils d'utilisation pratique. Ils savent déjà qu'un Français, M. Barthélémy (2), a pu réaliser tout récemment, avec une grande précision, le « synchronisme » indispensable à la transmission télévisée. Toutefois, on n'a pu recevoir jusqu'ici avec netteté que des images de faibles dimensions. Un notable progrès vient d'être encore effectué par ce même inventeur qui a pu obtenir une image réelle de 30×40 centimètres, alors qu'avant lui l'image, de la grandeur d'un timbre-poste, devait être agrandie par un système optique auxiliaire (image virtuelle). Une nouvelle expérience se prépare au cours de laquelle, avec une émission de 500 watts de puissance, on espère pouvoir transmettre, en télévision directe, l'image de trois personnages en pied sur un écran de 2 mètres sur 1 m 50. Si l'expérience réussit, c'est évidemment là une étape décisive vers la solution du problème de la télévision, qui passionne tous les techniciens de la transmission à distance sans fil.

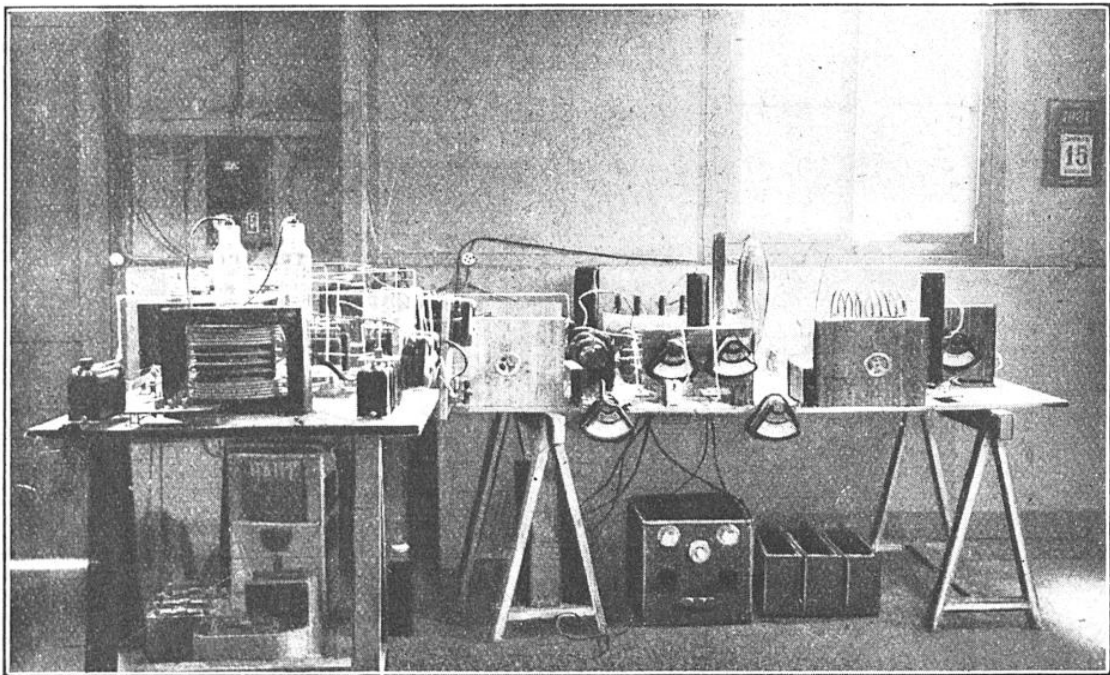
Nous avons tenu nos lecteurs au courant des expériences de télévision que M. Barthélémy poursuit dans les laboratoires d'une grande firme française d'ap-

pareils de mesure, à Montrouge, près Paris.

La première réalisation de l'inventeur que nous avons décrite dans les numéros de *La Science et la Vie* avait abouti à la transmission à distance de l'image d'un visage en mouvement. La grandeur du champ

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 162, page 441.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 165, page 196.

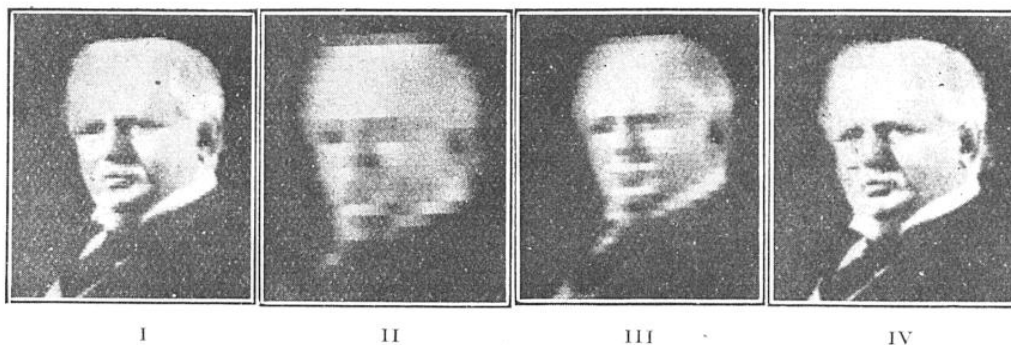


LA STATION ÉMETTRICE QUE M. BARTHÉLÉMY EST EN TRAIN D'EXPÉRIMENTER POUR NOUS OFFRIR BIENTOT UN SPECTACLE RADIOTÉLÉVISÉ À TROIS PERSONNAGES EN PIED

exploré ne dépassait donc pas encore celle déjà conquise par les spécialistes américains. Le progrès obtenu, en l'occurrence, par M. Barthélémy consistait principalement dans le perfectionnement du « synchronisme » reliant le mouvement d'exploration du sujet à l'émission et celui de la reconstitution de l'image sur l'écran récepteur, les deux mouvements étant synchronisés à quelques millièmes de seconde près. De plus, pour la première fois, ce synchronisme était « automatisé », c'est-à-dire transmis avec la modulation lumineuse elle-même, sans qu'intervint le perpétuel « décrochage » de l'image

réalisé un nouveau progrès : par un procédé inédit, il a réussi à former une image *réelle* de 30×40 centimètres à la réception. Celle-ci s'effectuait, d'ailleurs, cette fois, par la voie hertzienne, entre le studio de Montrouge et une station de réception installée dans le grand amphithéâtre de l'Ecole supérieure d'Electricité, à Malakoff. L'énergie hertzienne mise en jeu était très faible (5 à 6 watts). L'image télévisée, mise au point à sept heures du soir, ne s'est pas « décrochée » de l'écran une seule fois jusqu'à la fin de l'expérience, vers onze heures.

Ceci établit définitivement la valeur pra-



COMMENT LA TÉLÉVISION PEUT REJOINDRE, DANS SES RÉSULTATS, LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE

De gauche à droite : I, portrait à 250.000 éléments de trame, reçu par les procédés de téléphotographie, qui ne tiennent pas compte du temps de transmission ; II, le même portrait radiotélévisé à 28 traits d'exploration transversale ; III, le même portrait radiotélévisé au moyen de 60 traits, ce qui correspond à 1.250 éléments de trame ; IV, le même portrait radiotélévisé au moyen de 20 circuits électriques différents (correspondant à autant de couples « émission-réception »), se partageant l'écran total. Ce travail de laboratoire, qui serait surhumain à l'échelle industrielle, aboutit à l'équivalent d'une trame à 6.250 éléments. Ce nombre, qui n'est encore que le trentième du nombre téléphotographique, ne justifie pas l'effort technique dépensé pour l'obtenir. Il suffit de comparer les clichés III et I, puis III et IV pour s'assurer que la télévision selon III est déjà presque suffisante.

qui, jusqu'ici, viciait toutes les tentatives effectuées dans cette voie. Ceci permettait d'entrevoir la divulgation prochaine d'appareils récepteurs d'ordre pratique.

Toutefois, dans les expériences en question, l'image reçue au moyen de la classique modulation lumineuse d'une lampe au néon ne dépassait pas, en *grandeur réelle*, les dimensions d'un timbre-poste : un système optique l'élargissait en image « virtuelle » dans un miroir accessible seulement à la vue simultanée de trois ou quatre personnes. De plus, les essais n'étaient encore effectués que par fils porteurs de courants à haute fréquence — technique limitée puisqu'elle exige l'enveloppement des fils porteurs, tout le long de leur parcours, par un tube métallique destiné à les protéger (à la manière d'une cage de Faraday).

Au printemps dernier, M. Barthélémy a

tique du nouveau dispositif de synchronisme.

Mais voici ce que prépare l'ingénieur radioélectricien pour le mois d'octobre ou de novembre prochain : la transmission en télévision directe d'une scène à trois personnages en pied. Ceci suppose un écran d'environ 2 mètres sur 1 m 50.

Nous nous devons de noter cette progression rapide de l'œuvre d'un technicien français, qui attaqua pour la première fois le problème de la télévision en octobre 1929 et qui, dès maintenant, affirme pouvoir donner incessamment les premiers spectacles radiotélévisés dignes de ce nom — sans parler du télécinéma qui, sans constituer une télévision directe (puisque'il consiste seulement à téléviser un film), n'en répond pas moins au but recherché, du moins sur le plan de la radiodiffusion publique.

VICTOR JOUGLA.

UN AVION DE CHASSE ANGLAIS ARMÉ DE SIX MITRAILLEUSES

On vient de procéder dans le plus grand secret aux essais d'un monoplace métallique nouveau à Martlesham Heath, près d'Ipswich (Angleterre).

Ce qui caractérise essentiellement cette machine, c'est la puissance de son armement. L'appareil est, en effet, muni de six mitrailleuses, deux *Vickers* tirant à travers l'hélice comme il est de règle sur tous les monoplans de combat, et quatre *Lewis*, situées hors du champ du propulseur. On distingue, sur la photographie ci-contre, la disposition des quatre *Lewis* : l'une est sous le plan supérieur gauche, une autre sous le plan supérieur droit, une troisième sous le plan inférieur gauche, une quatrième sous le plan inférieur droit. On distingue également, à gauche de la carlingue, une des deux mitrailleuses *Vic-*

kers. Ces mitrailleuses sont réglées de telle sorte que le feu de chacune d'elles converge en un point commun situé à une centaine de mètres de l'appareil. Le pilote dispose donc d'un « cône de feu » auquel un adversaire échapperait difficilement, semble-t-il.

L'appareil, le *S. S. 19*, est un biplan construit par la compagnie Gloster. Il est équipé avec un moteur Bristol *Jupiter* de 480 ch, muni d'un compresseur, ou, comme disent les Anglais, d'un « superchargeur ».

Aux essais effectués à Martlesham, le *Gloster* six mitrailleuses, avec un équipement militaire complet, aurait soutenu la vitesse de 315 à l'heure. En outre, l'appareil aurait atteint l'altitude de 5.500 mètres environ

(15.000 pieds) en neuf minutes seulement.

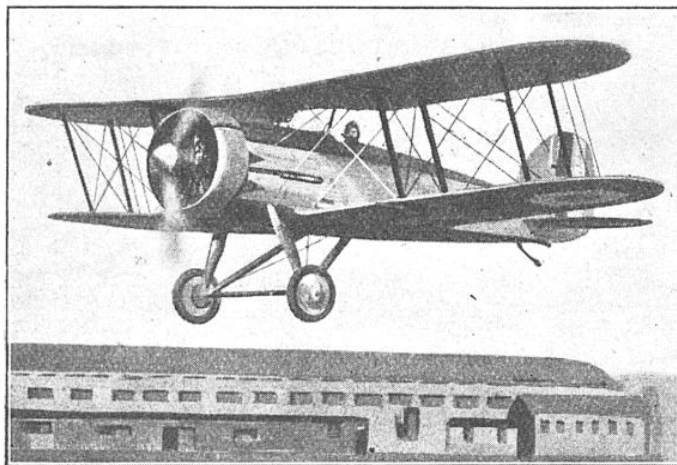
Ces chiffres sont déjà impressionnants, mais ce n'est pas tout. Le *Gloster* peut transporter également quatre petites bombes de 25 livres chacune, soit 12 kilos et demi environ, la livre anglaise valant 453 gr. A 6.000 mètres de hauteur, l'appareil, grâce à son « superchargeur », volerait encore à une vitesse de 270 kilomètres environ. Le « plafond » de la machine serait atteint

à 26.100 pieds de hauteur, soit 8.000 mètres environ. Bien entendu, un appareil à oxygène, destiné au pilote, est compris dans l'équipement de la machine.

Ce type d'avion de chasse constitue évidemment une révolution dans l'aviation de combat en raison de son formidable armement. Toutefois, il convient, avant de se pronon-

cer sur la valeur réelle d'un monoplace muni de six mitrailleuses, de savoir s'il est préférable de disposer d'un « cône de feu » ou simplement d'un tir bien ajusté. A la cadence actuelle de tir des mitrailleuses, la dépense considérable de munitions ne rendra-t-elle pas pratiquement inutilisable un appareil de cette sorte après deux ou trois engagements ? Combien de cartouches peut emporter le *Gloster S. S. 19* ? Les Anglais ne le disent pas. Il serait pourtant intéressant de le savoir afin de se faire une opinion sur la valeur effective de la dernière invention anglaise en matière d'équipement d'un avion de chasse.

J. LE BOUCHER.



LE « GLOSTER S. S. 19 », AVION DE CHASSE ANGLAIS, ARMÉ DE SIX MITRAILLEUSES : UNE DE CHAQUE CÔTÉ DU MOTEUR, DEUX SOUS L'AILE SUPÉRIEURE, DEUX SOUS L'AILE INFÉRIEURE

UN PROBLÈME CAPITAL POUR LE TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Qu'est-ce que la protection sélective des réseaux ?

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, INGÉNIEUR E. S. E.

L'interconnexion des centrales électriques (1), qu'elles soient thermiques ou hydrauliques, s'est imposée pour assurer l'électrification rationnelle d'un pays. Aujourd'hui, une usine ne travaille plus isolément, elle fait partie d'un ensemble de sources d'énergie qui concourent à sa distribution. D'où la création de réseaux de transport d'énergie dont le développement sans cesse croissant a posé aux techniciens une question essentielle au point de vue de leur fonctionnement régulier : celle de la protection contre les défauts qui peuvent survenir au cours de l'exploitation (claquage d'isolant, court-circuit, mise à la terre). Cependant cette protection doit être sélective, c'est-à-dire qu'elle ne doit isoler du circuit que la partie intéressée — nous allons dire la partie malade — afin de ne pas arrêter tout un réseau par suite d'un accident local. Ceci est rendu possible aujourd'hui, d'une part, grâce aux formes de circuits adoptées pour l'interconnexion (circuit en boucle) et, d'autre part, grâce aux relais et aux disjoncteurs, dont on peut régler à l'avance le temps nécessaire à leur fonctionnement (relais temporisés). Les progrès de l'électrotechnique ont permis de créer un matériel moderne, qui fonctionne maintenant avec une régularité et une sécurité vraiment remarquables.

LES usines génératrices d'énergie électrique peuvent être *thermiques* ou *hydrauliques*. Leur emplacement et leur répartition sont déterminés par des conditions géographiques ou économiques. Les conditions géographiques imposent de toute évidence l'emplacement des usines hydrauliques ; elles déterminent aussi très souvent l'emplacement des usines thermiques à proximité du combustible ou du carburant utilisé : usines alimentées par le charbon des mines, par les gaz des hauts fourneaux, etc... Certaines conditions économiques imposent, au contraire, la construction d'usines génératrices à proximité des centres d'utilisation de l'énergie électrique : grandes villes, grandes régions industrielles.

Afin d'utiliser toutes ces usines au mieux de leurs possibilités, afin, d'autre part, d'augmenter la sécurité de la distribution de l'énergie électrique, on a été amené à réunir ces usines entre elles et aux régions d'utilisation au moyen de lignes de transport d'énergie à haute tension. On a constitué ainsi des *réseaux* qui sont aujourd'hui très étendus, et qui, en raison de l'importance grandissante que prend l'électricité dans la vie des nations modernes, en constituent, en quelque sorte, les artères vitales.

Quels sont les accidents susceptibles de troubler la distribution de l'énergie électrique ?

Malgré les progrès considérables de la technique des machines électriques et des lignes, il arrive de temps à autre un *claquage* d'isolant, un *court-circuit* ou une *mise à la terre*. Les causes de ces accidents sont multiples. Les isolants, aussi perfectionnés soient-ils, se fatiguent avec le temps. Des points faibles se produisent qui, sous l'action d'une surtension passagère, ou même sans raison apparente, occasionnent l'amorçage d'un arc. Dans les lignes aériennes, le court-circuit peut être produit, en outre, par des branches d'arbres enlevées par le vent, par des oiseaux, surtout ceux de grande envergure (hérons, rapaces), enfin parfois par la malveillance ou l'enfantillage (fils de fer lancés sur les lignes, isolateurs cassés par des pierres).

Un court-circuit a, en général, un double effet : une augmentation brusque du courant dans les lignes (surintensité), et, consécutivement, une *chute de tension* qui peut être très importante. Si on le laissait subsister, on occasionnerait de graves avaries aux machines et aux lignes, en raison de cette

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 136, page 289.

surintensité, et on troublerait le fonctionnement des machines tournantes (alternateurs, moteurs), en raison de la chute de tension. Il faut donc déconnecter du réseau, et le plus rapidement possible, la ligne sur laquelle s'est produit le défaut. On utilise à cet effet un organe intelligent qui est le *relais* et un organe de manœuvre qui est le *disjoncteur* ou interrupteur automatique.

Qu'est-ce que la protection sélective ?

Relais et disjoncteur, cerveau et bras de la protection sélective

Pour que la protection du réseau soit possible, il faut qu'il soit divisé en un certain nombre de sections, qui seront, en général, les tronçons de lignes reliant entre eux les *usines génératrices* (centrales) et les *postes de transformation* (sous-stations). Les lignes sont disposées, autant que possible, de telle sorte que chaque poste reçoive l'énergie par deux lignes au moins, dans le but d'assurer la continuité de la distribution en cas de mise hors service d'une ligne.

Chaque section de ligne est pourvue, à chacune de ses extrémités, d'un interrupteur automatique ou disjoncteur. Ce dernier est commandé électriquement par un relais qui est l'organe intelligent de la protection sélective.

Le relais a pour mission de surveiller en permanence la section de ligne sur laquelle il est placé, de constater l'apparition d'un défaut dans cette ligne et de donner au dis-

joncteur le signal de fonctionnement, aussi rapidement que possible. De plus, et ce point est au moins aussi important que les points précédents, si le défaut se produit dans une autre section que celle qu'il contrôle, il ne doit pas produire le déclenchement de son disjoncteur, mais laisser ce soin au relais qui surveille la section défectueuse.

Suivant le critérium utilisé pour constater

l'apparition d'un défaut, on peut classer les relais ou dispositifs de protection de la manière suivante :

Dispositifs à maximum, qui utilisent la surintensité consécutive au défaut ;

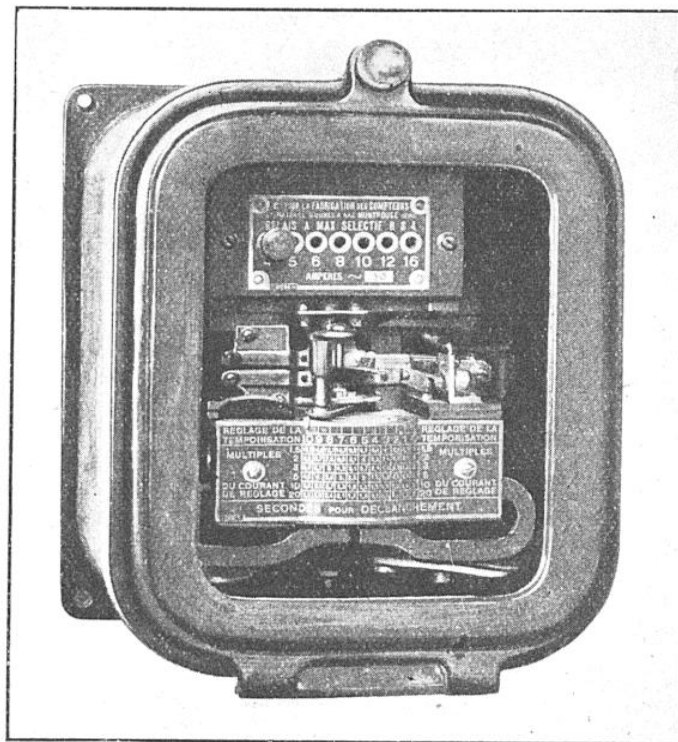
Dispositifs différentiels, qui utilisent la comparaison des courants entre deux points d'un même circuit, ou entre deux circuits branchés en parallèle ;

Dispositifs de position, qui utilisent la comparaison des sens dans lesquels circule l'énergie dans plusieurs circuits réunis à un même point ;

Dispositifs de distance, dont le fonctionnement dépend de la longueur de ligne entre le relais et le défaut.

Une surintensité anormale de courant doit isoler le circuit où elle se produit. Voici les dispositifs de protection à maximum

Ces dispositifs constatent l'apparition d'un défaut par l'augmentation du courant qui circule dans la ligne sur laquelle ils sont placés. Les relais utilisés sont des *relais à maximum sélectifs*. Ces relais produisent le déclenchement de l'interrupteur automa-



Cliché de la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

FIG. 1. — CE RELAIS A MAXIMUM SÉLECTIF, DÉCLENCHÉ L'INTERRUPTEUR AUTOMATIQUE DE LA LIGNE OU S'EST PRODUIT UNE SURINTENSITÉ AVEC UN RETARD QUI DÉPEND À LA FOIS DE CETTE SURINTENSITÉ ET D'UN RÉGLAGE PRÉALABLE

tique avec un retard qui dépend à la fois de l'importance du courant et d'un réglage prédéterminé de la temporisation.

Le schéma le plus simple d'un réseau est celui de la figure 2. C'est une centrale qui alimente deux sous-stations I et II. On voit immédiatement, avec la disposition des relais R_1 , R_2 , R_3 , réglés pour déclencher avec des retards croissants depuis l'extrémité du réseau jusqu'à la centrale, que si un défaut survient après le poste S_1 , les trois relais se mettent en route et que le relais R_1 ferme le premier son contact de déclenchement. Le disjoncteur correspondant fonctionne et comme, à ce moment, le défaut se trouve éliminé, les relais R_2 , R_3 reviennent à leur position de départ sans avoir eu le temps de fermer leur contact. Si le défaut se trouve entre R_1 et R_2 , c'est le relais R_2 qui déclenche ; R_1 n'est pas actionné, car il est en aval du défaut par rapport à la cen-



FIG. 2. — COMMENT EST RÉALISÉE LA PROTECTION SÉLECTIVE D'UN RÉSEAU DANS LE CAS LE PLUS SIMPLE, CELUI DES SOUS-STATIONS EN LIGNE

Les relais sélectifs à maximum R_1 , R_2 , R_3 sont réglés pour déclencher les interrupteurs qu'ils commandent avec des retards respectivement de une, deux et trois secondes. Un défaut après R_1 ne prive donc pas de courant les secteurs entre la centrale et II, ni entre II et I. Par contre, un défaut entre la centrale et II prive tout le réseau de courant.

trale. Si le défaut se trouve entre R_2 et R_3 , c'est R_3 qui déclenche.

Ce cas est le plus simple, mais il se rencontre de moins en moins fréquemment. On voit, en effet, qu'une telle disposition ne satisfait pas à la condition de sécurité énoncée plus haut. Un défaut sur une ligne quelconque prive, en effet, de courant tous les postes qui sont situés en aval, parce que chaque sous-station ne reçoit d'énergie que par une seule ligne.

Deux dispositions préférables sont indiquées dans les figures 3 et 4. La première est le schéma d'une alimentation en boucle par une seule centrale, la seconde, celui d'une alimentation bilatérale par deux centrales.

Dans l'un comme dans l'autre cas, on est amené à placer un relais à maximum à chaque

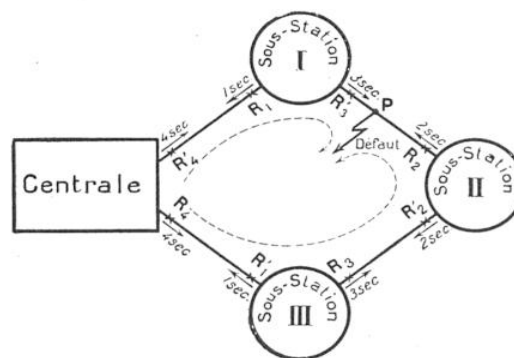


FIG. 3. — SCHÉMA DE L'ALIMENTATION D'UN RÉSEAU « EN BOUCLE » ET DE SA PROTECTION SÉLECTIVE

Les relais à maximum dirigés R_1 , R'_1 , etc., n'entrent en fonctionnement que si la puissance alimentant le défaut est dirigée suivant les petites flèches qui les accompagnent ; leur temporisation variable assure la protection sélective du réseau. Dans le cas de la figure (défaut en P), on voit que seuls les relais R_2 et R'_3 déclencheront, isolant ainsi la ligne défectueuse de I à II.

extrémité de section et à ne laisser fonctionner ce relais que pour les défauts situés, par rapport à lui, dans la direction de la ligne qu'il contrôle. A cet effet, il est conjugué avec un relais wattmétrique directionnel, analogue, comme principe, à un compteur à courant alternatif, l'ensemble des deux relais portant le nom de relais à maximum dirigé. Dans les figures 3 et 4, les flèches indiquent le sens de la puissance qui permet le fonctionnement des relais.

Si un défaut se produit au point P, par exemple (fig. 3), les flèches en pointillé indiquent le sens de la puissance qui alimente le défaut. On voit que le relais R_2 déclenche le premier, en deux secondes, les relais R'_1 et R'_2 étant verrouillés et les relais R_3 et R_4 étant plus retardés. Le relais R'_3 fonctionne ensuite en trois secondes, R_1 étant verrouillé et R'_4 étant plus temporisé. La section entre les sous-stations I et II est donc mise hors service, mais les trois sous-stations continuent à être alimentées par la centrale.

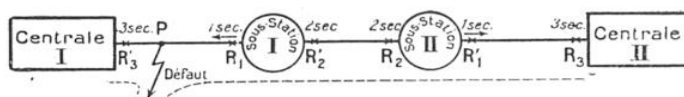


FIG. 4. — SCHÉMA DE LA PROTECTION D'UN RÉSEAU A ALIMENTATION BILATÉRALE PAR DEUX CENTRALES

R_2 , R'_2 , R_3 , R'_3 , etc., sont des relais à maximum sélectifs, R_1 et R'_1 seuls étant des relais à maximum dirigés, réglés pour déclencher avec des retards variables. Dans ce cas de la figure (défaut en P), seuls R_1 et R'_3 entrèrent en fonctionnement.

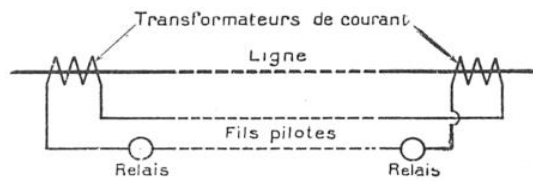


FIG. 5. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN DISPOSITIF DE PROTECTION DIFFÉRENTIELLE PAR FILS PILOTES

Lorsque les courants aux deux extrémités de la ligne ne sont plus égaux, les relais sont parcourus par un courant qui provoque leur fonctionnement.

En pratique, il n'est pas nécessaire de diriger tous les relais à maximum. Ceux qui sont les plus temporisés : R_3 , R_4 , R'_3 , R'_4 n'ont pas besoin de relais wattmétriques, leur excès de temporisation, par rapport aux autres relais, étant toujours suffisant pour assurer la sélection.

Les mêmes principes appliqués au cas de la figure 4 conduisent aux réglages en temporisation et à l'emplacement des relais de verrouillage qui sont représentés sur cette figure.

Les dispositifs de « protection différentielle » sont basés sur les différences de courant aux extrémités d'un « feeder », produites par un défaut

Les dispositifs de protection différentielle reposent sur la comparaison des courants qui circulent, soit aux deux extrémités d'un même « feeder », soit dans deux « feeders » réunis en parallèle à leurs deux extrémités.

Dans le premier cas, on utilise les dispositifs différentiels dits à *fils pilotes* , parce que, la comparaison des courants s'effectuant entre les deux extrémités d'un même feeder, il est nécessaire de relier les transformateurs de courant placés à chaque extrémité par des conducteurs auxiliaires ou fils pilotes dans lesquels circulera un courant proportionnel à la différence des courants aux deux extrémités du feeder (fig. 5).

Les relais utilisés sont des relais électromagnétiques très sensibles et très rapides.

En temps normal, les courants sont égaux aux deux extrémités du feeder. S'il se produit un défaut dans le feeder, ces courants ne sont plus égaux et leur différence est précisément égale au courant de défaut. Les relais sont

donc excités et actionnent les disjoncteurs de la ligne. Si un défaut se produit dans le réseau en dehors du feeder considéré, les courants aux deux extrémités de ce feeder restent encore égaux, bien qu'ils puissent atteindre des valeurs considérables, et les relais restent inactifs. La condition de sélection est donc encore remplie.

Lorsque la distribution s'effectue par deux feeders en parallèle, les courants circulant aux extrémités de ces feeders aboutissant au même poste sont égaux en régime normal. Tout défaut dans l'un des feeders se traduit par une rupture de cet état d'équilibre en faveur du feeder défectueux. Les dispositifs de protection utilisés dans ce cas rentrent dans la catégorie des dispositifs différentiels sans fils pilotes et sont dénommés dispositifs *différentiels directionnels* . Il n'est pas suffisant, en effet, de déceler, comme plus haut, s'il se produit une différence entre les deux courants de référence, mais il faut de plus indiquer quel est le signe de cette différence, c'est-à-dire sur lequel des deux feeders s'est produit le défaut.

Les dispositifs de « position » protègent contre le déséquilibre des circuits, provoqué par un défaut

Les dispositifs de position utilisent uniquement le *sens* de la puissance circulant dans plusieurs feeders en parallèle.

Les relais wattmétriques utilisés sont branchés de la manière suivante :

Les enroulements ampèremétriques sont alimentés par la somme des courants des trois phases d'un même feeder et les enrou-

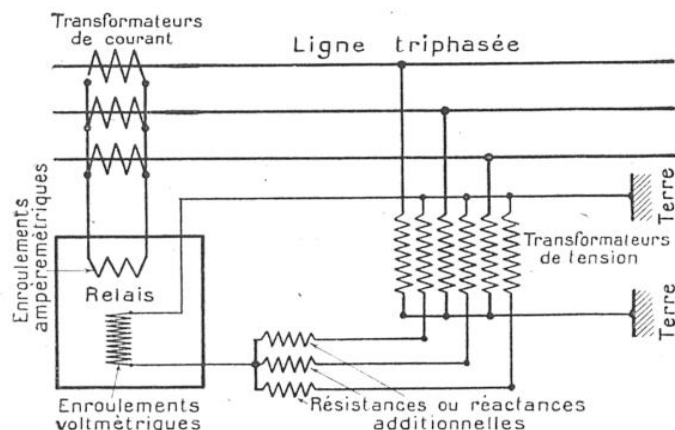


FIG. 6. — SCHÉMA DE MONTAGE D'UN RELAIS WATTMÉTRIQUE POUR LA PROTECTION D'UNE LIGNE TRIPHASÉE

En régime normal, la somme des courants et celle des tensions sont nulles, aucun courant ne traverse les enroulements du relais. En cas de défaut sur une phase, les deux circuits sont excités.

lements voltmétriques par la somme des tensions entre chaque phase et la terre (fig. 6). En régime normal, les trois courants sont équilibrés, c'est-à-dire que leur somme est nulle. De même, les trois tensions entre phases et terre. Le relais n'a donc aucune tendance à fonctionner. S'il se produit un défaut entre une phase et la terre, les courants et les tensions sont déséquilibrés et les deux circuits du relais sont excités. La puissance mise en jeu dans ce montage est appelée *puissance monophasée ou résiduelle*. Le déséquilibre des tensions et des courants est maximum à l'endroit du défaut, et tout se passe comme si cette puissance résiduelle était engendrée à l'endroit du défaut et se dirigeait depuis cet endroit vers tous les points du réseau où le neutre des machines est relié à la terre.

D'où deux conséquences importantes :

1° Le couple des relais est d'autant plus grand qu'ils sont plus rapprochés du défaut, ce qui est favorable au point de vue de la sécurité du dispositif ;

2° Le signe de ce couple ne dépend que de la position du défaut par rapport au relais.

Prenons comme exemple (fig. 7) un groupe de trois feeders en parallèle, ABC , reliant deux postes S_1 et S_2 .

S'il se produit un défaut au point P (I), la puissance résiduelle s'éloigne, de part et d'autre de ce point, sur le feeder défectueux. Dans les deux autres feeders, par contre, elle a la même direction à leurs deux extré-

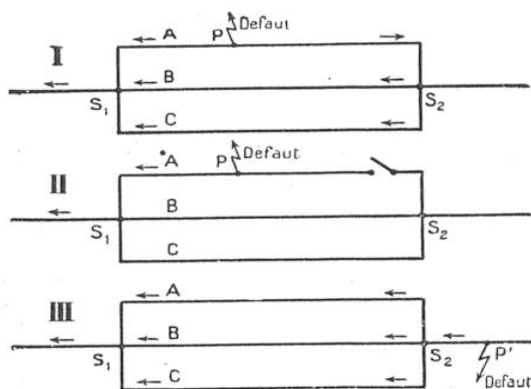


FIG. 7. — SCHÉMAS DE PROTECTION SÉLECTIVE D'UN RÉSEAU PAR DISPOSITIF DE DIRECTION

Dans ce système, on utilise uniquement le sens de la puissance circulant dans plusieurs « feeders » en parallèle.

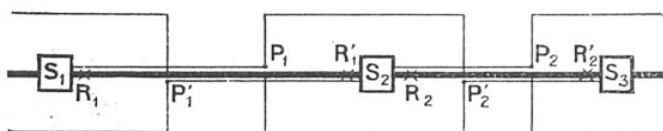


FIG. 8. — SCHÉMA DE PROTECTION SÉLECTIVE D'UN RÉSEAU PAR DISPOSITIF DE DISTANCE

Les dispositifs de protection sont conçus de telle manière que le temps de fonctionnement des relais est d'autant plus court que la longueur de ligne comprise entre le relais et le défaut est elle-même plus courte.

mités. Il s'ensuit qu'à l'un des postes S_2 , la puissance résiduelle a une direction différente sur le feeder défectueux et sur les feeders sains. Par un montage approprié des contacts des relais wattmétriques, on utilise cette dissimilitude dans les positions des équipages mobiles des relais pour produire le déclenchement du disjoncteur de la ligne A . A ce moment, la puissance résiduelle dans les lignes BC s'annule (fig. 7, II) et la même dissimilitude se produit au poste S_1 , dans les positions des équipages des relais. D'où déclenchement du feeder A au poste S_1 .

Si un défaut se produit en un autre point du réseau P' , on voit (fig. 7, III) que la puissance résiduelle a le même sens à chaque poste pour les relais des trois lignes. En conséquence, aucun disjoncteur ne déclenche.

Ce dispositif peut s'appliquer à un nombre quelconque de lignes en parallèle.

Voici des relais dont le temps de fonctionnement est lié à leur distance au défaut de la ligne

Enfin, les dispositifs de distance sont conçus de telle manière que le temps de fonctionnement des relais est d'autant plus court que la longueur de ligne comprise entre le relais et le défaut est plus courte.

Considérons (fig. 8) deux sections de lignes reliant trois sous-stations, $S_1 S_2 S_3$.

Ces deux sections font partie d'un réseau dont la configuration peut être quelconque. Le relais placé en R_1 surveille la section $S_1 S_2$. Il déclenche instantanément si un défaut se produit entre S_1 et un point P_1 situé aux deux tiers de la section $S_1 S_2$. Il déclenche avec un certain retard si le défaut a lieu entre le point P_1 et un point P'_2 situé au tiers de la section voisine $S_2 S_3$. Même réglage pour le relais R_2 .

Quant au relais R'_1 , il surveille la section $S_1 S_2$, mais à son autre extrémité S_2 ; il déclenche instantanément si un défaut se produit entre S_2 et un point P'_1 situé aux deux tiers de la section $S_1 S_2$, à partir de S_2 , et avec un certain retard si le défaut a lieu

entre le point P'_1 et un point situé au tiers de la section suivante. Le même réglage est assuré pour le relais R'_2 , placé en S_3 , sur la section $S_2 S_3$.

Le fonctionnement du dispositif est donc le suivant :

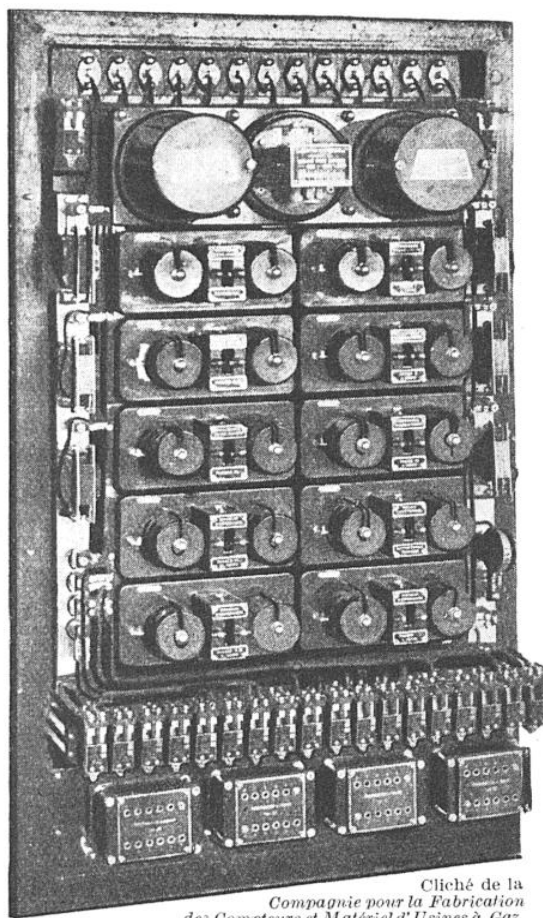
Si un défaut se produit entre S_1 et P'_1 , le relais R_1 déclenche instantanément et le relais R'_1 déclenche avec temporisation.

Si un défaut se produit entre P_1 et P'_1 , les deux relais R_1 et R'_1 déclenchent instantanément.

Si un défaut se produit entre P_1 et S_2 , le relais R'_1 déclenche instantanément et le relais R_1 déclenche avec temporisation.

La figure 9 représente la photographie d'un relais de distance. Il se présente sous la forme d'un grand coffret métallique comprenant tous les éléments qui concourent au fonctionnement et dans le détail desquels il serait oiseux de s'étendre : relais pour déceler l'apparition d'un défaut, relais pour discriminer si le défaut se produit entre phases ou entre phases et terre, relais de mesure de réactance, relais temporisés, relais directionnel qui limite la zone de surveillance des relais dans une seule direction par rapport au poste.

Nous venons de passer rapidement en revue les différents dispositifs utilisés, à



Cliché de la
Compagnie pour la Fabrication
des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

FIG. 9. — RELAIS DE DISTANCE COMPRENANT TOUS LES ÉLÉMENTS CONCOURANT À SON FONCTIONNEMENT : RELAIS DÉCELANT L'APPARITION D'UN DÉFAUT, RELAIS DISCRIMINANT LA SITUATION DE CE DÉFAUT, RELAIS DE MESURES, RELAIS TEMPORISÉS, ETC.

l'heure actuelle, pour protéger les réseaux électriques contre les accidents de toute nature qui menacent les lignes de transport d'énergie. Grâce à la sélection très poussée que ces divers relais permettent, les risques d'interruption dans l'exploitation de ces réseaux sont réduits au minimum, puisque tout feeder défectueux est immédiatement isolé, à l'exclusion de tous les feeders sains qui continuent à assurer la fourniture du courant, soit directement, dans le cas de plusieurs conducteurs en parallèles reliant les centrales et les sous-stations, soit indirectement, dans le cas d'un réseau bouclé, ainsi que nous l'avons vu.

Les relais de différents types que nous avons sommairement décrits sont les auxiliaires indispensables de l'interconnexion des usines productrices d'énergie électrique et des sous-stations de distribution.

Cette interconnexion est, on le sait, à la base même de l'électrification d'un pays, en permettant aux diverses sources d'énergie disséminées sur le territoire de concourir au même but.

JEAN BODET.

Les photographies et schémas qui illustrent cet article nous ont été aimablement fournis par la Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz.

DANS LA CITÉ MODERNE, L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT EST L'UN DES GRANDS PROBLÈMES DE L'URBANISME

Par C. AUCLAIR

La généralisation du « tout à l'égout » dans les agglomérations modernes a constitué un réel progrès dans le domaine de l'urbanisme, lié intimement à celui de l'hygiène. Mais ce système ne pouvait être pratiquement appliqué et généralisé qu'autant qu'il fût possible de débarrasser ces eaux « usées » des microorganismes nuisibles. Un procédé scientifique nouveau assure aujourd'hui l'épuration des eaux d'égout d'une façon complète. Ce système, connu sous le nom de « boues activées », a été récemment mis au point grâce surtout aux appareils mécaniques modernes. Nous avons examiné précédemment (1) comment on utilise ces boues provenant de l'épuration des eaux d'égout pour la fertilisation du sol, la construction des briquettes de chauffage et même l'extraction d'un gaz d'éclairage.

Si le « tout à l'égout » a constitué un remarquable progrès au point de vue de l'assainissement, il a, en même temps, posé aux municipalités un délicat problème, celui de l'épuration des eaux rejetées par les canalisations circulant sous le sol des chaussées. Cette épuration peut, d'ailleurs, être partielle ou totale, suivant l'importance de la rivière qui reçoit les eaux d'égouts, suivant que celle-ci n'est jamais utilisée pour l'alimentation, ou, qu'au contraire, elle sert au ravitaillement d'autres agglomérations situées à l'aval.

L'Angleterre fut le premier pays à s'occuper de l'épuration des eaux d'égout

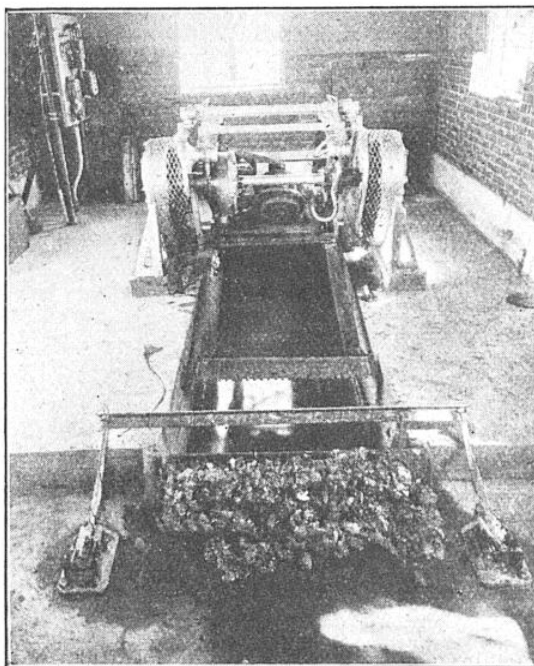
L'Angleterre fut le premier pays à se préoccuper de cette

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 165, page 177.

question. Elle y fut poussée par le surpeuplement de certaines régions de son territoire, où les rivières sont les principales sources d'eau potable. De remarquables

travaux furent aussi effectués en Allemagne, qui ont largement contribué au développement de l'art sanitaire moderne.

La première idée mise en application était fondée sur ce fait que les résidus organiques se décomposent pour devenir, à la longue, absolument inertes et inoffensifs. Mais ce travail de réduction, primitivement effectué dans des cuves ouvertes, en plein air, dégageait des odeurs nauséabondes et provoquait des plaintes multiples dans le voisinage. On essaya ensuite d'opérer cette réduction dans des cuves fermées : ce fut le début du *septic-tank*, ou



GRILLES A NETTOYAGE AUTOMATIQUE « DORR-CO », DESTINÉES A RETENIR LES MATIÈRES SOLIDES CONTENUES DANS LES EAUX D'ÉGOUT

fosse septique (1895). On pensait alors qu'il ne s'écoulerait de ces fosses qu'un liquide stable. Il n'en fut rien, et on se trouva dans la nécessité de filtrer ce liquide à travers un lit de sable fin. Ce procédé consistait à répandre les eaux d'égout brutes, ou après leur passage dans des fosses septiques, sur un sol sablonneux avec sous-sol argileux. Ces terrains étaient utilisés par les maraîchers. C'est le vieux système des *champs d'épandage* qui, malgré son excellent rendement, n'est plus guère employé en raison des immenses étendues de terrains immobilisées.

Le procédé des fosses septiques révéla bientôt les inconvénients qu'il comportait : nécessité de vider les fosses des matières qui s'y accumulaient et qui provoquaient des odeurs épouvantables au cours de cette opération, dimensions excessives, etc...

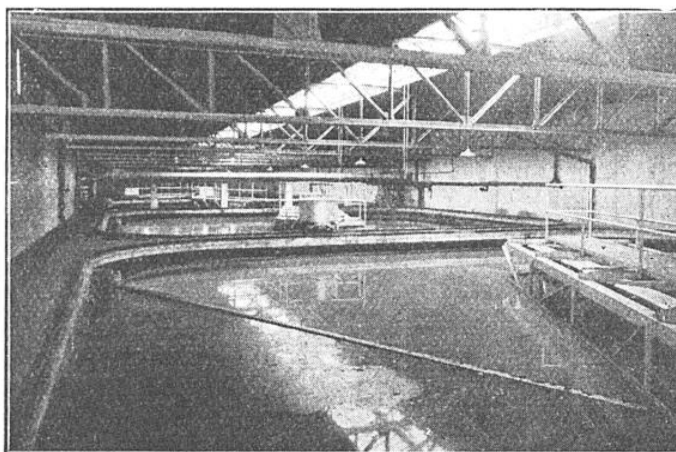
Des recherches effectuées par le gouvernement des Etats-Unis à la station expérimentale de

Lawrence (Massachusetts) consacrèrent l'utilisation de trois méthodes, dont les deux dernières sont couramment appliquées.

Les filtres à contact, grands bassins remplis de pierres concassées, de coke ou de déchets d'ardoises. Remplis périodiquement d'eaux d'égout préalablement décantées, ils étaient ensuite vidés. Pendant la stagnation, des bactéries enrobées dans le revêtement gélatineux collé autour des pierres, des vers et toutes sortes d'éléments de vie primaire vivant dans les interstices, stabilisaient l'eau en absorbant ces germes nocifs. Au vidage, l'eau était claire et sans odeur. Mais les pierres de remplissage devaient être exposées à l'air pendant un temps égal à celui de la stagnation. Le procédé était donc intermittent et nécessitait l'emploi de deux bassins fonctionnant alternativement ; il ne connut pas, de ce fait, de développement important.

Les filtres percolateurs. — En plus du lit de pierres du filtre bactérien, le filtre perco-

lateur est muni de canalisations et de diffuseurs distribuant l'eau à traiter sous forme de pluie sur toute la surface. Ainsi, par ce contact intime, l'air oxyde les impuretés contenues dans les gouttelettes d'eau qui tombent sur les pierres et forment ainsi une cascade continue jusqu'au fond du bassin après avoir subi la même épuration que celle des filtres à contact. Les eaux sont recueillies en un point bas du bassin et soumises à une seconde décantation. Les boues provenant des décantations préliminaires et secondaires sont envoyées dans des digesteurs (opération décrite dans le paragraphe suivant). Le procédé des filtres



CLARIFICATEURS « DORR » A TRACTION, POUR LA DÉCANTATION DES EAUX BRUTES ET DES EAUX APRÈS TRAITEMENT PAR « BOUES ACTIVÉES » OU « FILTRES PERCOLATEURS »

percolateurs offre donc l'avantage d'être continu, mais il est évident que les odeurs provenant de la pulvérisation des eaux d'égout dans l'air ne peuvent être empêchées que par des superstructures d'un prix très élevé. Ce procédé est remplacé graduellement par le système moderne des boues activées.

Le procédé le plus moderne : l'activation des boues

C'est là le procédé le plus moderne d'épuration des eaux d'égout. Il consiste à effectuer artificiellement, et dans un temps beaucoup plus court, le travail de la nature, sans odeurs ni ennuis d'aucune sorte. Après dégrossissage à travers des grilles, puis élimination des sables susceptibles de gêner les opérations ultérieures, au moyen de dessableurs, les eaux d'égout subissent une première décantation qui fournit deux produits traités séparément, à savoir : une boue épaisse envoyée aux appareils de digestion et un liquide débarrassé d'environ 60 % des matières susceptibles de se déposer qu'il renfermait, mais contenant encore en suspension des particules très fines et légères, et la totalité des solides en solution. Cette eau passe ensuite dans de longs bassins d'aération rectangulaires, au fond desquels débouchent des

tuyaux d'air comprimé munis, à leur base, de plaques en matière poreuse. L'air ainsi divisé en fines bulles traverse la couche liquide, la fait bouillonner en oxydant les matières organiques en suspension et en solution, de sorte qu'à l'extrémité de ces bassins l'eau est claire comme une eau de source ; elle contient de gros flocons de matières colloïdales agglutinées qui se déposent sous forme de boue dans des bassins de décantation secondaires, dont le trop-plein constitue l'« effluent » final, complètement clair, stable, et débarrassé de tout germe nocif.

Une partie de la boue recueillie au cours de cette décantation finale est renvoyée à l'entrée des bassins d'aération, où elle sert de « semence » sur laquelle s'agglomèrent les colloïdes contenus dans les eaux fraîches au cours de leur trajet à travers les bassins d'aération. Le reste de la boue — environ 75 % — est envoyé aux digesteurs en même temps que la boue

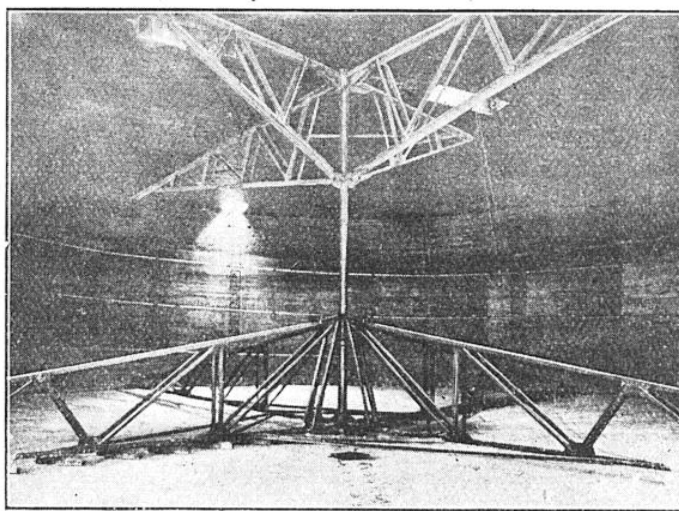
fraîche provenant de la première décantation. Le volume de cette boue est excessivement réduit, comparé à celui des eaux brutes : celles-ci ne contiennent, en effet, que 0,2 % de matières solides. Dans les digesteurs, cuves entièrement fermées, munies d'un mécanisme spécial d'agitation très lente, ces boues subissent une réaction bactériologique à l'abri de l'air. Une partie se liquéfie et retourne aux bassins de décantation primaire, et une autre se transforme en gaz. Le résidu de cette réaction, qui dure environ deux mois, est une boue brun foncé, sans odeur, et ayant perdu son caractère gélatineux initial. Elle est poreuse et sèche rapidement à l'air sur des lits de sable spécialement aménagés à cet effet. Le gaz, contenant environ 75 % de méthane, est recueilli et utilisé pour le réchauffage des boues en cours de digestion, comme force motrice, ou pour l'éclairage et le chauffage de l'installation. Une station

d'épuration peut ainsi produire assez de gaz pour fournir sa propre force motrice.

On conçoit que les diverses opérations que nous venons de décrire exigeraient une main-d'œuvre considérable et très spécialisée, si les progrès de la mécanique n'avaient apporté leur aide précieuse à cette technique.

Non seulement l'épuration des eaux d'égout se fait aujourd'hui d'une façon continue, mais encore, grâce aux perfectionnements des appareils, d'une manière entièrement automatique. Les grilles de dégrossissage employées pour retenir les matières

solides sont nettoyées automatiquement ; les dessableurs sont automatiques et rejettent un sable débarrassé de matières organiques et pouvant servir comme remblai. La décantation s'accomplit en continu dans des clarificateurs à nettoyage automatique. Les digesteurs sont mécaniques et poussés à un tel point de perfectionnement qu'ils produi-



VUE INTÉRIEURE DU MÉCANISME D'UN DIGESTEUR « DORR » POUR LA « DIGESTION » DES BOUES PROVENANT DE LA DÉCANTATION DES EAUX D'ÉGOUT

sent, sans aucun artifice, ni addition de produits chimiques, une quantité de gaz correspondant à 25 ou 30 litres par habitant, relié au réseau d'égouts, et par vingt-quatre heures. Nous pouvons ajouter que le procédé des boues activées rend désormais possible d'installer des stations de traitement d'eaux d'égout dans des centres surpeuplés, tout en assurant un degré d'épuration complet. Nous avons même vu, au cours d'un récent voyage aux États-Unis, des installations de ce genre situées au milieu de parcs publics et en plein centre d'agglomérations importantes.

Les photographies jointes à cet article montrent quelques-uns des appareils mis au point par la Société Dorr, dont les ingénieurs ont minutieusement étudié cette question, et qui ont mis au service de l'urbanisme les données les plus modernes de la chimie, de la biologie, de la bactériologie et de la mécanique.

C. AUCLAIR.

POUR ÉCONOMISER L'ESSENCE, IL FAUT LA BRULER MIEUX

On sait que le classique moteur à explosions alimenté à l'essence fonctionne par une combustion très vive du carburant mélangé à l'air qui fournit l'oxygène nécessaire à la combustion. C'est donc une véritable réaction chimique qui s'opère des milliers de fois par minute au-dessus de la tête des pistons. La dilatation des gaz chauds produits chasse violemment les pistons vers le bas des cylindres, entraînant ainsi les bielles, l'arbre moteur et, finalement, la voiture elle-même. Comme toute réaction chimique, la combustion se produira d'autant mieux et avec un rendement d'autant meilleur que les corps en présence seront dans un état de division plus grand. Essayez d'enflammer une poutre avec une allumette, vous n'y parviendrez pas, alors que la même poutre, réduite en fins copeaux, prendra feu au contact de la moindre flamme.

L'essence qui est aspirée au carburateur en même temps que l'air, brûlera donc d'autant plus vite sous l'action de l'étincelle de la bougie qu'elle sera plus finement vaporisée. En même temps, la combustion sera d'autant plus complète que chaque particule extrêmement fine d'essence sera en contact plus intime avec l'oxygène de l'air.

Pour réaliser une économie, il faut donc à la fois vaporiser finement l'essence et la mélanger intimement à l'air.

C'est sur ce principe qu'a été conçu et réalisé l'appareil ci-dessus, dénommé *turbo-diffuseur M. P. G.* Il se compose essentiel-

lement de deux hélices à trois branches pouvant tourner sur deux coussinets centraux avec un frottement presque nul, grâce à une construction minutieusement étudiée. En alliage de bronze phosphoreux, elles sont entourées d'une cage protectrice en acier spécial parkérisé et, par suite, inaltérable. Une collerette en alliage d'acier spécial,

résistant à haute température, permet de fixer instantanément l'appareil sur la tubulure d'admission.

Ainsi le mélange carburé (air et essence) aspiré par le moteur, est brassé énergiquement par le mouvement des hélices qu'il entraîne à plusieurs milliers de tours par minute. L'absence presque totale de frottement assure, d'autre part, une résistance minimum à l'admission d'air et d'essence.

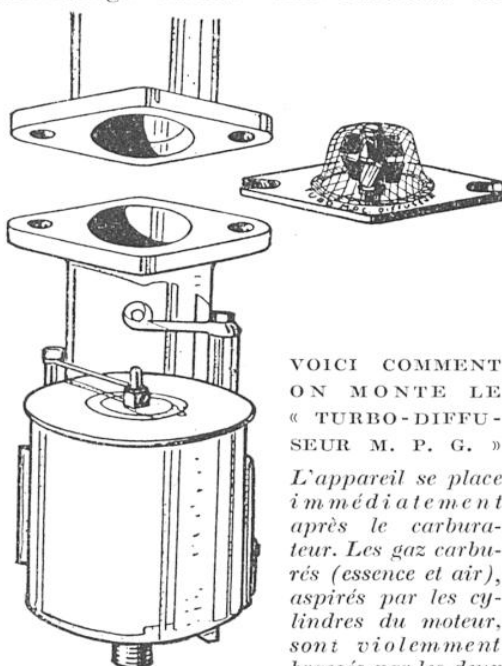
En outre, la cage métallique protectrice constitue un organe de sécurité, puisqu'elle évite le retour de flamme au carburateur, cause principale de l'incendie. On sait, en effet, qu'une flamme est suffisamment refroidie

par un treillis métallique pour ne pas le traverser. Ceci provient de la grande surface de refroidissement présentée par les fils qui constituent les mailles du treillis.

Signalons que le constructeur garantit, suivant les conditions d'emploi, une économie de carburant variant de 25 à 40 %.

Meilleure utilisation du carburant, plus grande souplesse du moteur, font donc du « turbo-diffuseur » un organe précieux pour l'automobiliste.

J. M.



VOICI COMMENT
ON MONTE LE
« TURBO-DIFFUSEUR M. P. G. »

L'appareil se place immédiatement après le carburateur. Les gaz carburés (essence et air), aspirés par les cylindres du moteur, sont violemment brassés par les deux

petites hélices qui tournent à plusieurs milliers de tours par minute. Ainsi la combustion se fait d'une façon plus rapide et plus complète.

L'ALUMINIUM

EST, PAR SES QUALITÉS,

UN MÉTAL PRÉCIEUX POUR LES COLONIES

LES alliages légers à base d'aluminium, que leurs propriétés extrêmement variées rendent aptes aux emplois les plus divers, ont pris un développement prodigieux en France. Il en sera de même dans les pays coloniaux, où les conditions spéciales de vie posent des problèmes que ces alliages peuvent souvent résoudre d'une façon avantageuse.

L'aluminium et les transports

En effet, le prix d'achat d'un objet manufacturé peut être considéré, d'une manière générale, comme la somme de deux termes : frais de fabrication et frais de transport. En Europe, le deuxième terme ne joue généralement qu'un rôle secondaire par rapport au premier, tous autres facteurs mis à part. Mais, pour les pays d'outre-mer, les frais de transport prennent une importance d'autant plus grande que le pays consommateur est plus éloigné de la métropole. C'est pourquoi il sera avantageux, dans bien des cas, d'employer aux colonies des matériaux plus légers que les matériaux ordinaires, même s'ils entraînent une augmentation des frais de fabrication.

Un exemple le fera facilement comprendre : si l'on remplace, dans une machine, 280 kilogrammes d'acier par 100 kilogrammes d'alliage léger, il en résultera une augmentation du prix de fabrication d'environ 950 francs. Cette majoration, parfois prohibitive pour une usine de la métropole, est compensée par l'économie de transport pour une usine située au Congo. Le prix du fret d'Anvers à Elisabethville, pour cette catégorie d'objets, est, en effet, compris entre 3 fr 47 et 4 fr 55 par kilogramme. Si l'on tient compte, en outre, du transport très onéreux à l'intérieur du pays et pour lequel on peut adopter, par exemple, 3 francs, le prix de transport ressort à environ 7 francs par kilogramme. Le gain sur ce transport, correspondant à l'allègement de 180 kilogrammes, ressort donc, rendu à l'usine, à 1.250 francs, chiffre supérieur à l'augmentation de prix provenant de matériaux plus onéreux utilisés dans la construction.

Ces considérations s'appliquent, en premier lieu, aux divers éléments de machines et, en particulier, à l'appareillage électrique, (rappelons qu'à conductibilité électrique égale, les conducteurs en aluminium permettent de réaliser une économie de poids de 50 % par rapport aux conducteurs en cuivre); de plus, l'augmentation de portée que permet l'emploi de l'aluminium sous forme d'aluminium-acier ou d'*almélec* permet de réduire le nombre de supports et, par suite, les frais d'installation des centrales.

Nous ne citerons que pour mémoire les maisons démontables, les équipements sanitaires et les malles ultra-légères, qui permettent aux voyageurs d'accroître leur bagage sans dépasser les limites de poids fixées par les compagnies de navigation. D'une manière générale, toute la batterie de cuisine et l'équipement ménager seront avantageusement réalisés en aluminium ou en alliage à base d'aluminium, avec la seule réserve que la qualité soit choisie.

Enfin, outre le matériel de campement et de sport, pour lequel l'intérêt des alliages légers est évident, le colon pourra faire appel à l'aluminium pour tout son mobilier.

C'est toujours ce même point de vue de la diminution du poids à transporter qui a amené à remplacer les feuilles de zinc doublant les caisses, pour protéger contre l'oxydation les marchandises à destination des pays chauds, par des tôles minces en aluminium, remplissant parfaitement ce rôle, et considérablement plus légères.

L'allègement des moyens de transport présente également aux colonies un intérêt particulier, et l'emploi des alliages légers à haute résistance est tout indiqué, en particulier pour les chaloupes fluviales démontables ; pour les bateaux à fond plat et à très hauts bords, servant à la navigation sur des rivières peu profondes (qui obligent le plus souvent à fixer un maximum de 2 mètres pour le tirant d'eau) et dont il est avantageux d'alléger les parties les plus élevées ; pour les automobiles et camions employés sur des pistes au sol mouvant qui limitent le poids du véhicule : on peut ainsi reporter une partie

importante du poids mort du châssis et de la carrosserie, économisé par l'emploi généralisé des métaux légers dans sa construction, sur la charge utile ; pour la construction des avions et, en particulier, les équipements des avions sanitaires, etc.

L'aluminium dans la construction

A leurs qualités de légèreté et de résistance mécanique, les pièces en alliages légers joignent la précieuse propriété de résister parfaitement aux agents atmosphériques.

A ce point de vue, une visite au pavillon de l'Aluminium, à l'Exposition coloniale de Paris, où est exposée une « chambre modèle de colon », dans laquelle tous les meubles en aluminium garantissent le maximum de propreté avec le minimum de poids, ne saurait manquer d'intéresser très vivement les visiteurs d'outre-mer.

C'est pour ces raisons, et également à cause de son pouvoir réfléchissant très élevé, qui lui permet de jouer le rôle d'un isolant, que l'aluminium commence à être utilisé aux colonies. On réalise maintenant des toitures en tôle, comme celle du pavillon de l'Aluminium, à l'Exposition coloniale, et même en tuiles d'aluminium. Les surfaces exposées au soleil, ainsi protégées ou simplement revêtues de peinture à l'aluminium, s'échauffent beaucoup moins que les autres.

L'aluminium et l'industrie

Les grandes entreprises coloniales, suivant l'exemple des entreprises métropolitaines, font appel maintenant aux alliages légers de toutes sortes pour le matériel d'exploitation.

Aux colonies, nous rencontrons l'aluminium dans les exploitations de caoutchouc, sous forme de coupelles pour la récolte du latex, puis de bacs de coagulation, où le latex est traité à l'acide acétique pur, sans action sur l'aluminium, enfin dans l'appareillage pour le lavage, le mélange, le moulage et la cuisson du caoutchouc et de l'ébonite.

Nous le retrouvons sous forme de réceptacles pour le stockage et le transport des produits divers, d'appareils de distillation, d'autoclaves, de bacs de cristallisation, etc., dans un très grand nombre d'usines de produits chimiques, par exemple dans l'industrie de la soie artificielle, des huiles comestibles et industrielles (extraction, purification, raffinage), des pétroles (raffinage), des matières colorantes, des huiles et copals (pyrogénéation), des parfums (fractionnement des essences), etc.

Dans les industries alimentaires également, l'aluminium a une très large place, particulièrement en brasserie (cuves de fermentation, tanks de conservation des

bières et accessoires divers), laiterie (tanks, pots à lait), beurrerie, fromagerie (cuves et moules à fromage), etc.

Enfin, le papier d'aluminium, couramment utilisé pour l'emballage des denrées coloniales telles que le thé et le cacao, les protège contre l'humidité.

Dans l'industrie textile,

pour le coton en particulier, les alliages d'aluminium se prêtent à merveille à la confection d'un grand nombre de pièces soumises à des mouvements alternatifs ou rotatifs rapides et dont la parfaite propreté est indispensable.

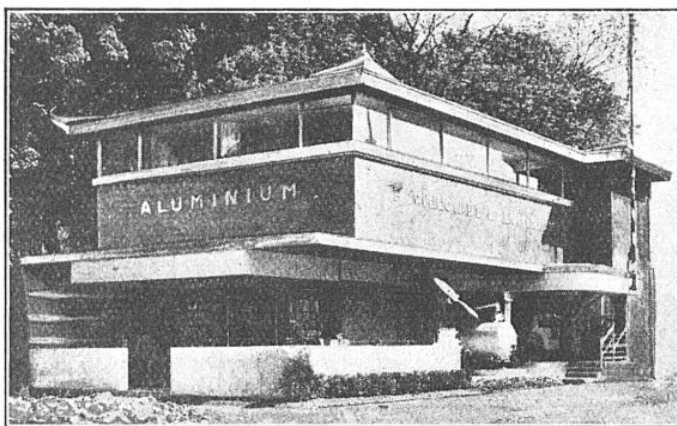
En résumé, nous retrouvons aux colonies la plupart des applications des alliages légers dans la métropole, applications que nous avons déjà eu l'occasion de signaler (1).

L'aluminium est, en outre, susceptible, comme nous l'avons vu, de rendre d'importants services dans de nombreux cas spéciaux.

Sa légèreté, sa résistance et son inaltérabilité par les agents atmosphériques le rendent particulièrement précieux aux pays chauds, où il ne saurait manquer de prendre, dans le cours des prochaines années, une place de premier plan parmi les matériaux actuellement utilisés.

J. B.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 164, page 100.



LE PAVILLON DE L'ALUMINIUM A L'EXPOSITION COLONIALE INTERNATIONALE DE PARIS

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

La pression de l'eau suffit pour assurer la fermeture de ce robinet

UN robinet n'est, en somme, qu'une soupape, que l'on peut ouvrir ou fermer à volonté et dont on peut régler l'ouverture.

Tout le monde sait que, dans tous les robinets en usage, cette soupape est constituée par une rondelle de cuir ou de caoutchouc, qu'un serrage, soit par levier, soit par vis, vient appuyer sur un siège prévu à cet effet.

Qui peut se flatter de savoir doser ce serrage? Aussi, voit-on généralement ces rondelles s'écraser assez rapidement et ne plus assurer une fermeture étanche. Il faut les changer souvent, d'où perte de temps, d'eau et d'argent.

Pourquoi, puisque l'on dispose d'une pression, celle de l'eau, ne pas l'utiliser pour la fermeture, qui est ainsi automatiquement réglée? C'est ce qui est précisément réalisé dans le robinet B. O. C. ci-dessus. Il se compose d'une partie fixe et d'une partie mobile, manœuvrable au moyen d'une simple manette. Celle-ci, tournée de droite à gauche, commande un tube de débit muni d'une rampe hélicoïdale, dont la montée soulève la bille de verre pour permettre le passage de l'eau entre elle et la gomme servant de siège. Pour obtenir la fermeture du robinet, il suffit de repasser la manette de gauche à droite. La pression de l'eau, comprimant la bille sur le caoutchouc, assure une étanchéité complète. La

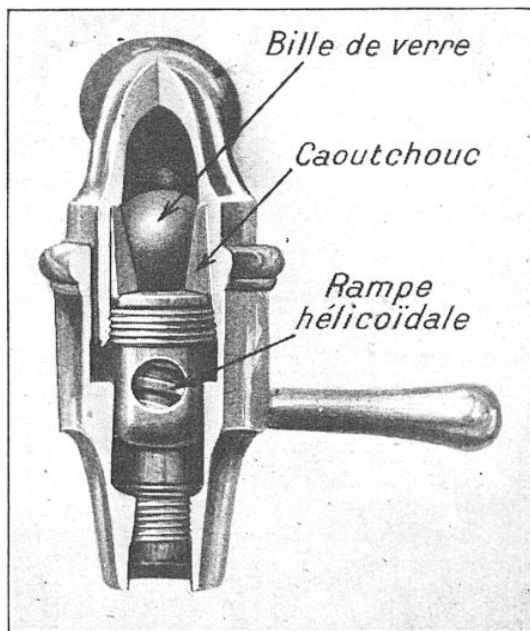
rampe hélicoïdale permet de régler avec précision le débit du robinet. La pression de l'eau assurant automatiquement la fermeture, les coups de bélier ne sont plus à craindre.

Afin qu'une impureté ne vienne pas diminuer l'étanchéité de la fermeture, un filtre à mailles serrées est placé à l'entrée du robinet. D'autre part, un brise-jet, situé à la sortie d'eau, assure un écoulement régulier.

Signalons que les robinets B. O. C., avec

dispositif spécial en cuivre au lieu d'une bille de verre, conviennent parfaitement pour la distribution d'eau chaude. Ils sont montés avec gommages vulcanisés, résistants aux plus fortes températures et assurant une fermeture complète.

Différents modèles sont fabriqués pour éviers, pour lavabos et pour baignoires.



VUE EN COUPE DU NOUVEAU ROBINET

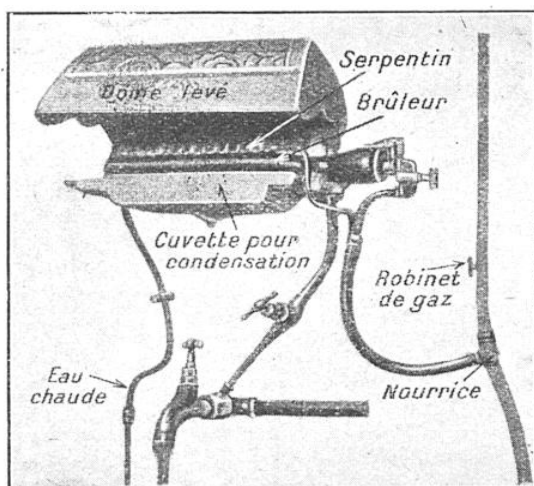
Del'eau chaude en cinq secondes

RARES sont encore les immeubles où la distribution de l'eau chaude est assurée à la fois sur l'évier de la cuisine et sur les lavabos. Il est cependant facile, au-

jourd'hui, de bénéficier de ce confort moderne. La seule condition est d'avoir le gaz à sa disposition.

Voici, en effet, un appareil peu encombrant, à la fois sérieux et coquet, qui, en cinq secondes, débite de l'eau chaude à la température désirée, sans arrêt et sous pression.

Il se compose essentiellement d'un serpentin situé au-dessus d'un brûleur à gaz. L'eau de la ville, en circulant dans le serpentin, s'y chauffe et le réglage de la température est instantané par celui même du



ENSEMBLE DE L'APPAREIL « JAZLO »

brûleur. Le débit de gaz correspond au maximum de celui qui est autorisé dans une pièce ne comportant pas de cheminée d'évacuation des gaz brûlés.

Une cuvette de condensation, en fonte de fer émaillée et à bouchon de vidange, recueille les gouttes d'eau condensées et assure la propreté absolue du dispositif. Comme on le voit, la simplicité qui a été recherchée dans la réalisation de cet appareil exclut tout entretien.

Seul, le serpentin en cuivre rouge est susceptible d'usure. Il est cependant garanti un an et doit durer de longues années. D'une longueur de 8 mètres, enroulé et disposé en chicane, il assure un échange maximum de chaleur entre la flamme et l'eau. Il n'y a donc aucun réservoir d'accumulation, l'eau coule chaude instantanément et à la température désirée.

Signalons, en outre, que cet appareil « Jazlo » n'exige pas d'allumettes, une petite veilleuse, dont la consommation est quasi nulle, pouvant rester constamment allumée.

L'installation se fait sans aucune plomberie et peut, par conséquent, être réalisée par n'importe qui.

Le modèle, représenté ci-dessus, prend l'eau froide à l'aide d'un robinet indépendant vissé sur une allonge spéciale vissée elle-même entre le robinet d'eau froide et sa douille soudée au tuyau de plomb. On voit donc qu'il n'y a aucune soudure à exécuter, d'où une installation facile.

Il existe d'ailleurs plusieurs modèles s'adaptant aux différents besoins d'une installation et des accessoires ingénieux permettant la douche par pomme ou collier, le shampooing, et l'alimentation gaz par nourrice pourrait alimenter en même temps « Jazlo » et le réchaud déjà en usage par simple flexible.

Cet interrupteur à lampe-témoin indique à distance l'allumage des lampes électriques et en contrôle la puissance

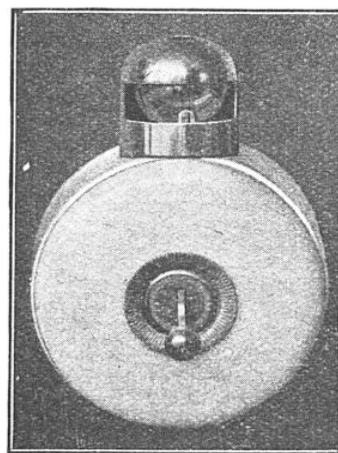
SE figure-t-on le gaspillage d'énergie électrique qui résulte de l'allumage inconsidéré de lampes électriques, notamment dans les hôtels ou autres administrations? Le propriétaire ne peut contrôler à distance l'extinction des lampes et ne peut davantage priver ses clients d'éclairage à partir d'une heure déterminée. A ce gaspillage s'ajoute encore celui qui résulte de la substitution d'un fer à repasser ou de tout autre appareil à la lampe d'éclairage.

C'est principalement pour ce cas, sans omettre, évidemment, ceux de l'éclairage d'une cave, d'un grenier ou d'un escalier commandé par un interrupteur éloigné, que l'interrupteur ci-dessous a été créé. Il comporte, en effet, une petite lampe-témoin qui rougit lorsque le circuit est fermé, c'est-à-dire la lampe principale allumée. Cette petite lampe-témoin étant placée en série dans le circuit n'occasionne aucune dépense complémentaire. De plus, étant calculée pour fonctionner sous le voltage restant après la lampe principale, elle ne diminue nullement l'éclat de cette dernière. La lampe-témoin doit donc être choisie suivant la puissance de la lampe principale.

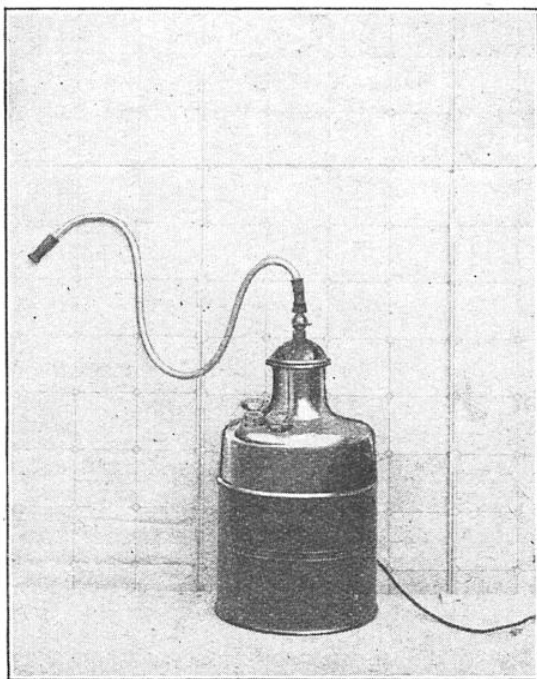
Cette dernière condition, loin d'être un inconvénient, présente un avantage appréciable.

Dans un hôtel, par exemple, sur tous les circuits seront branchés en série de tels interrupteurs situés sur un tableau du bureau de l'hôtel. Tous ces interrupteurs sont normalement placés dans la position de fermeture des circuits, de sorte

que les clients commandent leur éclairage par l'interrupteur local situé dans leur chambre. Un locataire laisse-t-il sa lampe allumée toute la nuit, l'employé de bureau peut l'éteindre. Veut-il utiliser une lampe trop puissante ou un appareil consommant davantage? La petite



L'INTERRUPTEUR ÉLECTRIQUE SURMONTÉ DE LA LAMPE-TÉMOIN



LE GAZOGÈNE « AÉROGAZ »

lampe fait fonction de fusible protecteur.

Signalons, à ce sujet, qu'en T. S. F., cet interrupteur indique quand les lampes sont allumées et que, de plus, il les protège contre la haute tension.

Ces interrupteurs existent pour le contrôle des lampes suivantes : de 16 à 25 bougies, de 32 à 50 bougies, de 50 à 100 bougies, mono ou demi-watt. Un modèle spécial est prévu pour l'éclairage général.

Chacun peut avoir le gaz chez soi

La commodité, la propreté et le confort résultant de l'emploi du gaz rendent jaloux des citadins les habitants des communes, des fermes ou des châteaux isolés et non desservis par une usine à gaz. Le nombre d'appareils imaginés pour combler cette lacune suffit pour témoigner de l'importance du problème. En voici un nouveau, après ceux que nous avons déjà décrits.

L'*Aérogaz* est un générateur qui, branché sur le courant-lumière, fabrique lui-même le gaz « aérogène », capable de remplacer, dans toutes ses applications, le gaz de houille. D'une construction robuste, cet appareil ne comporte aucun organe délicat et ne demande pas d'entretien. Son fonctionnement est régulier et la production du gaz est absolument instantanée. Le principe en est très simple : un petit moteur électrique universel, de très faible consommation et marchant sur courant continu ou alternatif,

souffle l'air atmosphérique à travers une nappe de carburant liquide. L'air sort chargé d'hydrocarbures, sous forme de gaz « aérogène ».

La production du gaz se fait au fur et à mesure de la consommation, de sorte qu'il n'y a jamais accumulation de gaz dans l'appareil et, par suite, impossibilité de danger quelconque. Si les robinets sont fermés, le ventilateur en action ne produit pas de gaz.

Le gaz « aérogène » n'est pas nocif, ni toxique, ni détonant ; il ne peut être une cause d'asphyxie.

Dans des conditions normales, les brûleurs assurent une combustion complète, exempte de suie et de gaz carbonique. Donc, plus d'ustensiles de cuisine noircis.

Le prix de revient moyen du mètre cube de gaz « aérogène » varie entre 1 franc et 1 fr 25, y compris l'énergie électrique, c'est-à-dire qu'il est sensiblement le même que celui du gaz de ville.

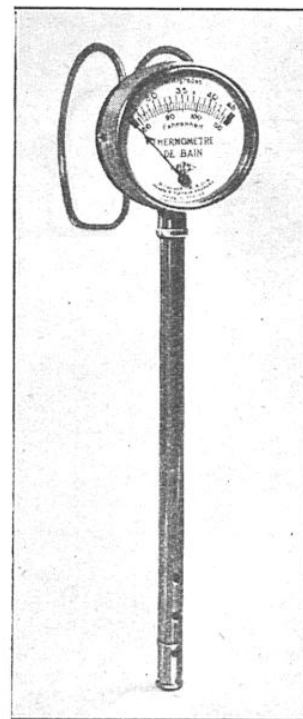
L'encombrement de l'appareil est minime : 60 centimètres de haut sur 35 centimètres de diamètre. Son poids est de 8 kilogrammes environ. Il contient 5 litres d'essence, qui donnent 15 mètres cubes de gaz, et il peut alimenter simultanément une grande cuisine à gaz, avec fours, un chauffe-bain et tous autres accessoires utilisés avec le gaz de ville.

Ajoutons, enfin, que l'installation de l'*Aérogaz* se fait de la façon la plus simple :

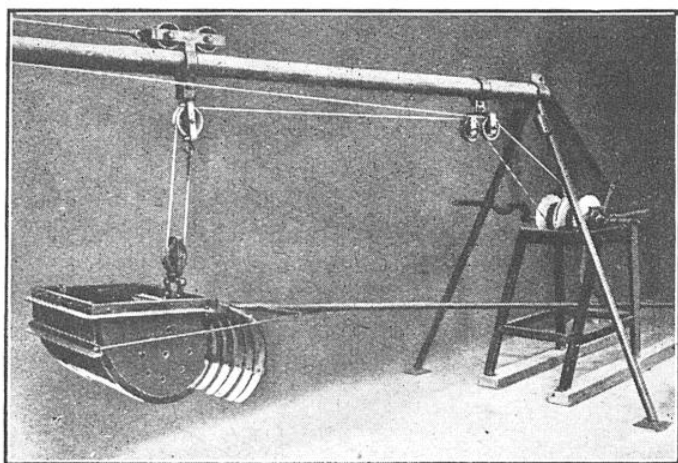
une prise de courant suffit. On peut conduire à volonté le gaz « aérogène » dans plusieurs endroits d'une maison, au moyen d'une canalisation de plomb ordinaire.

Un nouveau thermomètre de bain à cadran

La température d'un bain doit être souvent déterminée avec une assez grande précision, notamment lorsqu'il s'agit de bains médicaux ou de bains donnés aux jeunes enfants, dont l'épiderme et l'or-



THERMOMÈTRE « ÉLÈS »



CETTE PETITE DRAGUE EST TRÈS PRATIQUE POUR LE NETTOIEMENT DES LACS, ÉTANGS ET RIVIÈRES

ganisme plus sensibles que ceux des adultes ne s'accommodent pas impunément de variations trop grandes de température. D'ailleurs, il n'est guère de personnes qui n'utilisent un thermomètre de bain, pour éviter les sensations désagréables résultant d'une eau trop chaude ou trop froide. Fragiles, d'une lecture parfois difficile, ces appareils peuvent être aujourd'hui remplacés par le thermomètre incassable représenté page 169.

Entièrement métallique et inoxydable, le thermomètre à cadran « Elès » s'accroche à la baignoire. Son tube plongeur, sensible à sa partie inférieure, transmet, par un dispositif spécial, la dilatation d'une lame métallique à une aiguille indicatrice se déplaçant devant un cadran gradué en degrés centigrades et Fahrenheit.

La sensibilité et la précision de cet appareil sont très grandes. Ses indications sont instantanées.

Une nouvelle petite drague

DEPUIS quelque temps, de sérieux progrès ont été réalisés dans le matériel de terrassement, et maintenant, chaque chantier moderne est doté de l'outillage le plus perfectionné ; en particulier, l'excavatrice arrachant et soulevant jusqu'à 250 kilogrammes de débris à la fois.

Mais un outillage vraiment moderne, pour organiser d'une façon pratique et rationnelle les travaux de nettoyage des lacs, étangs et rivières, est encore assez rare et on employait encore couramment la pelle et la pioche pour ces divers travaux.

Or, un inventeur-constructeur français, M. Avenel, vient de réaliser une petite drague, spé-

cialement étudiée pour rendre d'appréciables services. Elle est constituée d'un rail de 6 m 50, supporté à chaque extrémité par deux supports extensibles de 1 m 20 à 3 mètres, sur lesquels coulisent deux galets commandés par un filin d'acier, fixé lui-même à un treuil ; à l'une des extrémités de ce filin est amarré le « crapaud », muni de deux mâchoires extensibles commandées par une vis sans fin passant dans un tube de 6 mètres de long relié au « crapaud ».

Il suffit alors de placer le « crapaud » à la distance désirée et de le laisser descendre. Il se remplit en le tirant vers la berge. On ferme alors les mâchoires de ce « crapaud ». Celui-ci est d'une contenance de 50 à 60 litres et retire, à chaque manœuvre, 80 kilogrammes environ de boue.

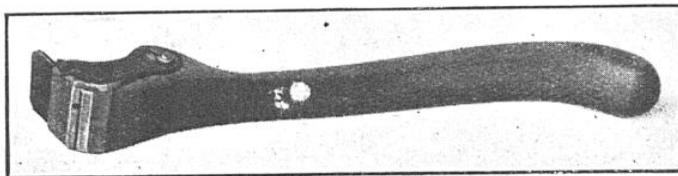
Comme on peut s'en rendre compte, l'opération est des plus faciles, et un homme seul suffit à la manœuvre.

Le poids total de l'appareil est de 320 kilogrammes ; son déplacement est donc relativement facile, puisque, après essai et en tenant compte du déplacement de l'appareil, on peut extraire 1 mètre cube de vase à l'heure.

Un outil à bois indispensable à tous

LE travail du bois nécessite, pour être mené à bien, toute une série d'outils affectés chacun à une opération différente. S'agit-il de modeler, de sculpter, de dresser, de découper pour réaliser des incrustations, de profiler, il est évident que le même outil ne peut, ou plutôt, ne pouvait, jusqu'à aujourd'hui, suffire à tous les besoins. En effet, il existe maintenant un nouvel outil vraiment universel qui doit rendre aux artisans comme aux amateurs les plus grands services. C'est le « modelleur » représenté ci-dessous.

A l'extrémité d'un manche courbe est située une chape porte-lame pouvant tourner autour d'un pivot et dont la position peut être fixée par un écrou. Cette chape



LE « MODELEUR » PERMET D'EFFECTUER AISÉMENT TOUTS LES TRAVAUX SUR BOIS QUI EXIGENT DES OUTILS VARIÉS

comporte une glissière dans laquelle on engage la lame adéquate au travail projeté ainsi que le coin et la cale nécessaires pour maintenir la lame dans la position voulue. Et c'est tout.

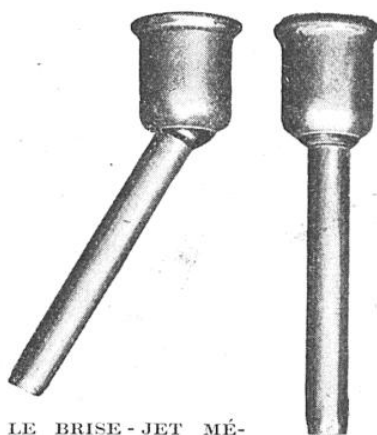
Les lames, d'affûtage facile, affectent les profils les plus divers et, d'ailleurs, il est facile à n'importe qui d'en confectionner de nouvelles en découpant de vieilles scies. Grâce à la forme courbe du manche, on peut aisément travailler dans toutes les positions. La faible épaisseur de la chape permet littéralement de travailler « dans les coins ».

Avec le « modelleur », rien de plus aisé que d'exécuter des assemblages parfaits, de rectifier les portes et fenêtres joignant mal, de gratter des taches de parquet, d'arrondir un angle blessant, faire des moulures pour baguettes de cadres, incruster des filets même dans du bois contre-plaqué.

Un brise-jet métallique

Voici un brise-jet entièrement métallique en cuivre chromé inoxydable, pratiquement inusable et qui permet de diriger le jet de l'eau dans tous les sens. Il conserve automatiquement la position prise. Cet appareil se compose d'une douille servant à le fixer sur le robinet et d'un tube brise-jet.

L'étanchéité de la douille est assurée par une série de rondelles en caoutchouc. A la



LE BRISE-JET MÉTALLIQUE PEUT PRENDRE TOUTES LES POSITIONS

base de la douille est aménagé un logement spécial recevant la rotule du tube mobile qui comporte, à son intérieur, le brise-jet proprement dit. On sait que le dispositif utilisé pour rendre uniforme la veine liquide consiste en une petite croix métallique, de forme spéciale, qui a pour but de réduire la vitesse au centre du jet, de même qu'elle est réduite sur sa périphérie par le frottement contre les parois.

Le joint de cette rotule est formé par une rondelle en caoutchouc spécial, résistant à l'eau chaude et à l'eau froide. V. RUBOR.

Adresses utiles

pour les « A côté de la science »

Nouveau robinet : E^{ts} SIMONS & C^{ie}, 30, rue Faidherbe, Paris (11^e).

Chauffe-eau : E^{ts} CH. LAMARCHE, 64, rue des Grands-Champs, Paris (20^e).

Interrupteur à lampe-témoin : E^{ts} R. TALMON, 55, rue de l'Ermitage, Paris (20^e).

Gazogène : AGENCE GÉNÉRALE CONFORT ET PROGRÈS, 36, rue du Colisée, Paris (8^e).

Thermomètre de bains : M. LOUIS SOUPIRE, 12, rue Arthur-Rozier, Paris.

Outil à bois : E^{ts} KLIMA, 13, rue Saulnier, Paris (9^e).

Nouvelle drague : M. AVENEL, 9, passage de la Nitrière, Rouen (Seine-Inférieure).

Brise-jet : AGENCE GÉNÉRALE CONFORT ET PROGRÈS, 36, rue du Colisée, Paris (8^e).

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 45 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 55 fr.
	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 80 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 100 fr.
	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois... 50 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 70 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 90 fr.
	{ 6 mois... 36 —		{ 6 mois... 45 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

UNE CENTRALE THERMIQUE DE 18.000 CHEVAUX A VAPEUR DE MERCURE

LA SCIENCE ET LA VIE a déjà signalé (1) comment la vapeur de mercure pouvait être utilisée, dans d'excellentes conditions de rendement, pour actionner des turbines, tout comme la vapeur d'eau, moyennant cependant certaines précautions pour éviter toute perte de mercure, son oxydation et les émanations dangereuses de sa vapeur toxique.

On sait, en effet, que le rendement d'une machine à vapeur augmente avec l'écart de température existant entre la source chaude (chaudière) et la source froide (condenseur). Or, le mercure, n'entrant en ébullition qu'à 360°C , sa vapeur peut être portée à une température supérieure à celle de l'eau, sans provoquer des pressions dangereuses. De plus, sa vapeur, très dense, véhicule, à température égale, une quantité de chaleur bien plus grande que la vapeur d'eau, d'où une augmentation du travail cédé. Malheureusement, le mercure se condense à une température élevée, ce qui diminuerait le rendement, si l'on se contentait de renvoyer le mercure condensé à la chaudière sans utiliser le grand nombre de calories contenus dans sa vapeur au sortir de la turbine. Cette vapeur étant encore à 237°C , le condenseur où elle est admise devient lui-même une source de chaleur, et l'eau qu'il contient entre elle-même rapidement en ébullition.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 63.

Aussi l'envoie-t-on, après l'avoir surchauffée, dans un faisceau de tubes placé au-dessus de la chaudière à vapeur de mercure, dans le gaz du foyer, vers des turbines à vapeur d'eau qui transforment en énergie mécanique son énergie calorifique.

La planche ci-contre montre le circuit

complet de l'eau, du mercure et de leurs vapeurs dans l'installation effectuée à Hartford (Connecticut, Etats-Unis), qui comporte trois groupes, un de 1.050 kilowatts (installés en 1922 et 1923), et un de 2.000 kilowatts (installés en 1922 et 1923), et un de 10.000 kilowatts, installé en 1928, déjà décrit ici (1).

Le chauffage du foyer est réalisé au moyen de charbon qui est pulvérisé à la centrale même (2).

Le rendement total de l'ensemble moteur à vapeur de mercure et à vapeur d'eau atteint 58,8 %.

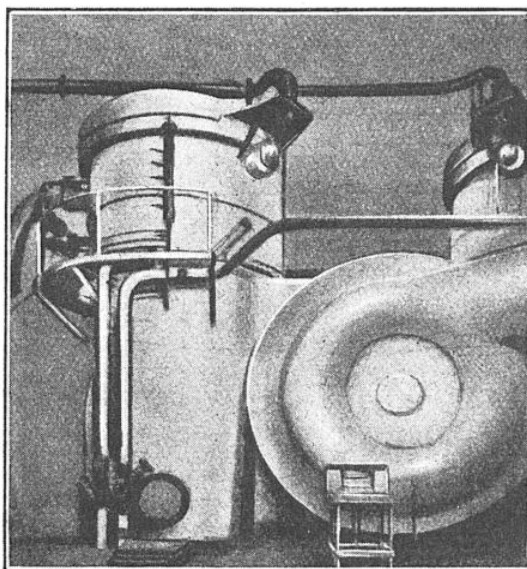
L'inventeur de ce cycle, M. Emmet, estime que la turbine à vapeur de mercure serait intéressante pour la propulsion des

navires, par suite de la possibilité de faire tourner la turbine à faible vitesse (à cause de la faible vitesse d'écoulement de la vapeur de mercure, égale au tiers de celle de l'eau), ce qui permettrait de réduire l'importance des trains d'engrenages réducteurs qu'exigent les modes de propulsion actuels.

J. M.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 63.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 155, page 413.



ENSEMBLE DE LA TURBINE A VAPEUR DE MERCURE (A DROITE) ET DU CONDENSEUR (A GAUCHE) D'OU L'EAU DE REFROIDISSEMENT, PORTÉE A L'ÉBULLITION PAR LES CALORIES DE LA VAPEUR DE MERCURE, ALIMENTE EN VAPEUR UNE TURBINE A VAPEUR D'EAU

DÉFENDONS NOS CULTURES CONTRE LES PARASITES

LES ravages causés aux cultures et aux fruits par les insectes ont incité tous les pays du monde à organiser rationnellement la lutte contre ces parasites. On sait que la France a vu diminuer ses exportations fruitières à cause des insectes contenus dans les fruits. Aussi, certains groupements agricoles, nos Compagnies de chemins de fer, le P.-L.-M. et le P.-O. notamment, ont-ils organisé des concours et des conférences pour démontrer l'intérêt de la lutte contre les parasites. Le ministère de l'Agriculture centralise toute la documentation et dirige les efforts de tous.

L'industrie privée, de son côté, a fait un gros effort, depuis quelques années, pour mettre à la disposition des cultivateurs des produits d'un prix abordable, faciles d'emploi. Il convient, en particulier, de souligner de façon toute spéciale les progrès accomplis récemment dans la fabrication des divers insecticides agricoles à base de pyrèthre.

Les propriétés du pyrèthre sont connues depuis fort longtemps ; seul de tous les produits utilisés couramment dans la lutte contre les parasites, il est absolument non toxique pour l'homme et pour tous les animaux à sang chaud ; à efficacité et à prix de revient égaux, il doit donc être préféré sans aucune hésitation aux insecticides (arsenic, nicotine, notamment) dont la manipulation ne va pas sans présenter quelques risques pour les opérateurs et qui ne peuvent, en tout cas, être pulvérisés sur des fruits ou sur des légumes à la veille de la récolte.

Malheureusement, les formules à base de pyrèthre n'avaient pas, jusqu'à ces dernières années, donné les résultats auxquels on espérait atteindre. Les praticiens leur reprochaient leur prix, sensiblement supérieur à celui des produits à la nicotine, et le

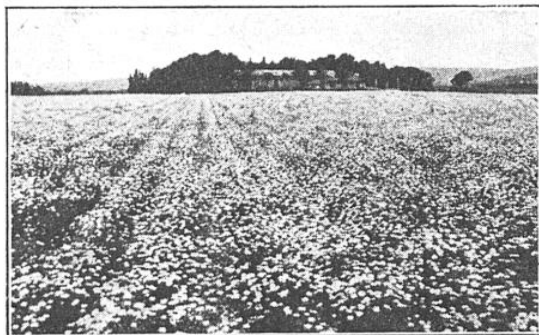
fait qu'elles perdaient assez rapidement leur efficacité, d'où impossibilité de conserver en stock des bidons d'insecticide d'une année sur l'autre.

Des travaux récents ont permis de fixer, sous une forme pratique, les principes actifs du pyrèthre, les *pyréthrines*, et de préparer des solutions parfaitement stables ne s'altérant jamais. Un procédé de dosage scientifique permet de réaliser, sous un très faible volume, une concentration considérable en principes actifs. Un produit tel que l'« Agri-Tox », fabriqué par la Société

le *Fly-Tox*, utilisé en émulsion dans l'eau, est actif contre certains parasites, tel que le thrips des plantes de serre et des œillets, contre le puceron du rosier, à la dose de 1 litre pour 400. A 1 litre pour 200, il tue parfaitement la plupart des chenilles nuisibles aux arbres fruitiers et aux légumes et les pucerons, généralement considérés comme les plus ré-

sistants, ainsi que certains coléoptères, comme le criocère de l'asperge, qui, à l'état d'insecte parfait, résiste à la plupart des insecticides connus. Aux avantages spécifiques du pyrèthre, un tel produit joint donc celui d'être relativement économique en raison de cette extrême concentration. On peut donc envisager son emploi généralisé dans les vergers, dans les cultures florales et maraîchères et même en viticulture, pour lutter contre la cochyliis et l'eudémis.

A un autre point de vue également, la vulgarisation de produits comme l'« Agri-Tox » est très souhaitable. Elle favorise, en effet, le développement de la culture du pyrèthre de Dalmatie (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), qui réussit parfaitement dans certaines terres pauvres et sèches du Midi de la France, où elle promet aux producteurs d'intéressants bénéfices.



CHAMP DE CULTURE DE PYRÈTHRE DANS
LE DÉPARTEMENT DE VAUCLUSE

VOIR LE TABLEAU DES ABONNEMENTS A LA PAGE 171

Directeur : G. BOURREY. — Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. HÉMERV, 18, rue d'Enghien.