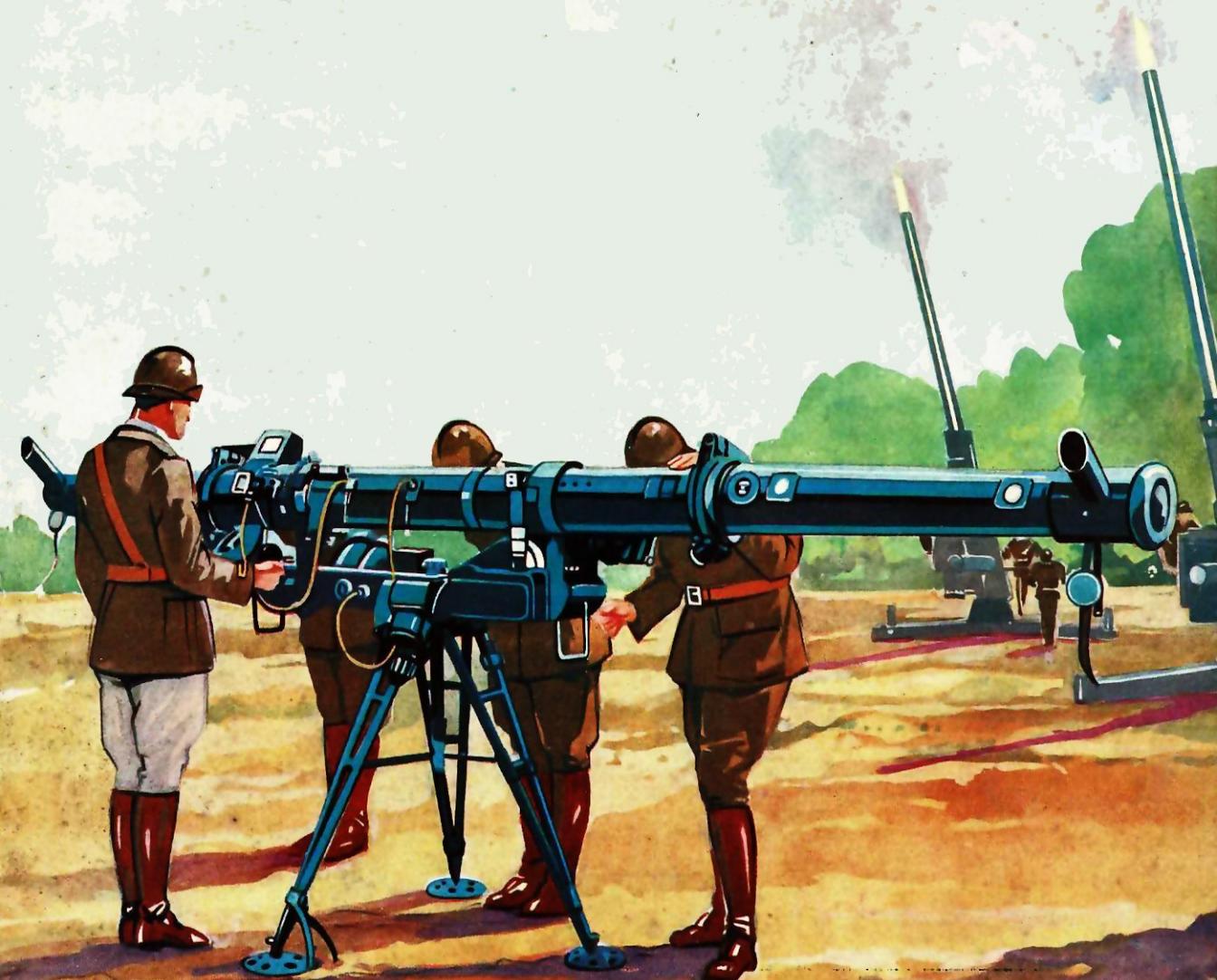


la Science et la Vie



Voir page 3

Howe Datta

LES OFFICIERS-MÉCANICIENS DE LA MARINE MARCHANDE



ÉLÈVE-OFFICIER MÉCANICIEN SURVEILLANT LE DÉMONTAGE D'UN MOTEUR

Les officiers-mécaniciens embarqués à bord des navires sont chargés de la conduite et de l'entretien des machines du bord. Ils ont sous leurs ordres, pour la partie matérielle, un personnel d'élèves-officiers, de chauffeurs, graisseurs, ouvriers.

Ils ont le même uniforme d'officier de la marine marchande que les capitaines au long-cours et le même nombre de galons à grade égal. Lorsqu'ils ont 25 ans de service et 50 ans d'âge, les officiers-mécaniciens ont droit à une retraite. A bord, ils mangent au carré et ont une cabine personnelle.

Ils sont chefs de quart pendant leur service mais le chef mécanicien, en général, ne fait plus le quart. Les quarts sont de 8 heures par jour par séries de 4 heures, mais, avec la semaine de 40 heures, des permissions de compensation s'ajoutent aux 30 jours de permission annuelle.

Leurs traitements varient de 1.500 à 2.000 francs par mois au début, jusqu'à 50.000 ou 60.000 fr. par an, et même 100.000 sur les grands chalutiers, sans compter les avantages en nature : logement, nourriture, primes de charbon, etc.

Ils obtiennent, en général, avant la fin de leur carrière la Croix du Mérite maritime ou la Légion d'honneur et peuvent devenir, quand ils sont de 1^{re} classe, ingénieur-mécanicien de réserve de la Marine de guerre.

Places. — Alors que la plupart des carrières sont encombrées, il y a au contraire de nombreuses places d'officiers-mécaniciens.

L'examen peut être passé à 18 ans pour les élèves-officiers et les officiers de 2^e classe. L'épreuve d'atelier peut d'ailleurs être subie seule à partir de 17 ans et les élèves qui obtiennent le certificat d'atelier n'ont plus à passer cette épreuve. C'est donc une carrière vers laquelle les jeunes gens qui aiment la vie active, libre, les voyages, la vie assurée ainsi que le prestige d'une carrière d'officier doivent se diriger immédiatement.

IL FAUT SE PRÉPARER LE PLUS TOT POSSIBLE.

L'École de Navigation maritime et d'Officiers mécaniciens vous y préparera
SUR PLACE OU PAR CORRESPONDANCE

Deux écoles sur place, installées avec laboratoires et ateliers, l'une à Paris (17^e), 152, avenue de Wagram, l'autre à Nice, 56, boulevard Impératrice-de-Russie, peuvent recevoir des internes ou des externes.

Renseignements gratuits au siège de l'une ou de l'autre école. (Joindre un timbre pour réponse.)

MARINE - AVIATION - T.S.F.

LES PLUS BELLES CARRIÈRES



L'ÉCOLE DE NAVIGATION MARITIME & AÉRIENNE

(Placée sous le haut patronage de l'Etat)
152, av. de Wagram, PARIS (17^e)

VOUS PRÉPARERA A L'ÉCOLE MÊME
OU PAR CORRESPONDANCE

T. S. F.

ARMÉE, MARINE, AVIATION

MARINE MILITAIRE

Aux Ecoles des Mécaniciens de Lorient et Toulon ; aux Ecoles de Maistrance (sous-officiers) ; de Brest (Pont, Aviation, Electriciens et T. S. F.) et de Toulon (Mécaniciens de la Marine et de l'Aviation Maritime) ; à l'Ecole des Elèves-Officiers ; à l'Ecole des Elèves-Ingénieurs Mécaniciens, de Brest.

MARINE MARCHANDE

Aux Brevets d'Elève-Officier, Lieutenant au long cours ; aux Brevets d'Elève-Officier Mécanicien et d'Officiers Mécaniciens de 3^e, 2^e et 1^e classe ; au Brevet d'Officier Radio de la Marine Marchande.

AVIATION MILITAIRE

A l'Ecole des Sous-Officiers Pilotes d'Istres ; à l'Ecole des Mécaniciens de Rochefort ; aux Ecoles Civiles de Mécaniciens et de Radios ; à l'Ecole Militaire de l'Armée de l'Air ; à l'Ecole des Officiers Mécaniciens de l'Air ; à l'Ecole de l'Air.

AVIATION MARITIME

A l'Ecole des Mécaniciens de l'Aviation Maritime à Rochefort ; aux Ecoles de Sous-Officiers Pilotes et Mécaniciens.

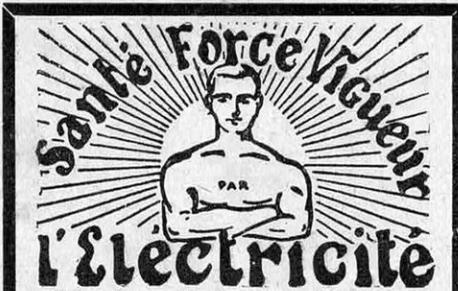
AVIATION CIVILE

Aux Brevets Élémentaire et Supérieur de Navigateur aérien ; aux emplois administratifs d'Agent technique et d'Ingénieur adjoint de l'aéronautique.

PUBL. C. RENOCH

HENCHOZ

ÉCOLE ANNEXE A NICE, placée sous le haut patronage de la Ville de Nice
56, boulevard Impératrice-de-Russie



L'Institut Moderne du Dr Grard à Bruxelles vient d'éditer un traité d'Électrothérapie destiné à être envoyé gratuitement à tous les malades qui en feront la demande. Ce superbe ouvrage médical en 5 parties, écrit en un langage simple et clair, explique la grande popularité du traitement électrique et comment l'électricité, en agissant sur les systèmes nerveux et musculaire, rend la santé aux malades, débilités, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

Neurasthénie, Névroses diverses, Névralgies, Névrites, Maladie de la Moelle épinière, Paralyties.

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

Impuissance totale ou partielle, Varicocèle, Pertes Séminales, Prostatorrhée, Écoulements, Affections vénériennes et maladies des reins, de la vessie et de la prostate.

3me Partie : MALADIES de la FEMME

Métrite, Salpingite, Leucorrhée, Écoulements, Anémie, Faiblesse extrême, Aménorrhée et dysménorrhée.

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

Dyspepsie, Gastrite, Gastralgie, Dilatation, Vomissements, Aigreurs, Constipation, Entérites multiples, Occlusion intestinale, Maladies du foie.

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

Myalgies, Rhumatismes divers, Goutte, Sciatique, Arthritisme, Artério-Sclérose, Troubles de la nutrition, Lithiase, Diminution du degré de résistance organique.

La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

Chaque ménage devrait posséder cet ouvrage pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé, afin d'avoir toujours sous la main l'explication de la maladie ainsi que le remède spécifique de la guérison certaine et garantie.

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple CARTE POSTALE à Institut Moderne du Docteur L.-P. GRARD, 30, avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'étranger : lettre, 2 fr. 25 ; carte, 1 fr. 25.



— Croquez-moi, ça n'a rien de surréaliste, ce petit gars. Ça prend du Quinium Labarraque.

VIN TONIQUE

Fortifiant

Fébrifuge

Anémiés — Convalescents — Fiévreux

prenez du

QUINIUM LABARRAQUE

En vente toutes pharmacies

Dépôt : Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris-VI^e

PUBL. C. BLOCH

Depuis

25 ans

... les clichés de
"LA SCIENCE
ET LA VIE"

sont exécutés dans
les ateliers de
Photogravure des
Établissements...

LAUREYS F^{res}

17 RUE D'ENGHEN - PARIS-10^e

**TÉLÉPH. :
PRO. 99.37**

**PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE**

Situation lucrative

agréable, indépendante, active et immédiate
dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

Beaucoup de jeunes gens des deux sexes, après leurs études ou leur service militaire, cherchent en vain une situation et semblent ignorer qu'un industriel n'a jamais trop de commandes; que, pour faire travailler un ingénieur dans une usine, il faut vingt représentants apportant des commandes; c'est pourquoi les bons représentants sont très recherchés et bien payés, tandis que les ingénieurs sont trop nombreux. Pour une situation lucrative et indépendante de **représentant chef de vente, ingénieur commercial** ou, si vous préférez la vie sédentaire, de **directeur commercial**, pour vous préparer rapidement, tout en gagnant, il faut vous adresser à

L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

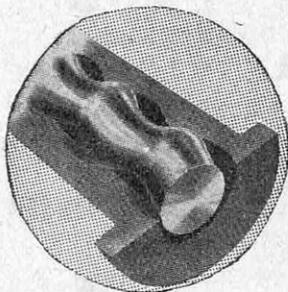
Fondée et subventionnée par "l'Union Nationale du Commerce Extérieur"
pour la formation de négociateurs d'élite.

Tous les élèves trouvent des situations

Ils sont retenus d'avance par les industriels qui les font travailler pendant leurs études

L'Ecole T.S.R.C. n'est pas universelle, elle est spécialisée; c'est la seule de ce genre, la seule fondée par des hommes d'affaires qui sont les premiers intéressés à faire gagner de l'argent à leurs élèves en les utilisant comme collaborateurs et qui, seuls, sont qualifiés pour décerner un diplôme efficace; elle enseigne d'abord par correspondance les meilleures méthodes et perfectionne ensuite facultativement l'élève sur place en le faisant débiter sous la direction de ses professeurs avec des gains qui peuvent couvrir ses frais d'études. Avant toute décision, demandez la brochure n° 66, qui vous sera adressée gratuitement avec tous renseignements, sans aucun engagement, à l'Ecole T. S. R. C.

3 bis, rue d'Athènes, PARIS



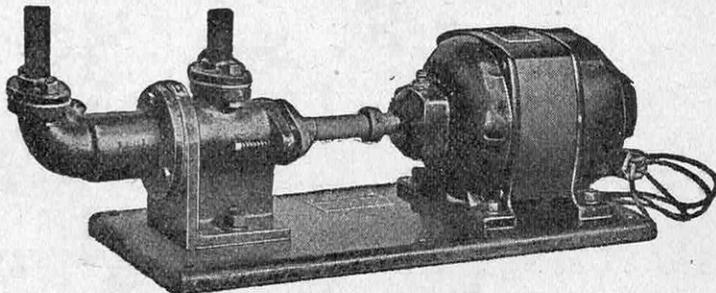
POMPES EN CAOUTCHOUC

P. C. M.

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

AVANTAGES

TOUS FLUIDES
LIQUIDES OU GAZEUX
EAU — VIN — PURIN
MAZOUT — ESSENCE
LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
LIQUIDES ALIMENTAIRES
CRAIGNANT L'ÉMULSION
SILENCIEUSES
AUTO-AMORÇAGE
SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE
USURF NULLE - ÉCONOMIE
— TOUTS DÉBITS —
— TOUTES PRESSIONS —
FACILITÉ D'ENTRETIEN



De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs
Dunkerque, Strasbourg, Richelieu, pour tous liquides.

SOCIÉTÉ
POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
63, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE), TÉL. MICHELET 3748

Une **INVENTION
NOUVELLE**

est souvent une source de profits pour son auteur.

Un **BREVET
d'INVENTION**

bien étudié permet seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR
UNE BONNE
PROTECTION

**UTILISEZ LES
SPÉCIALISTES**

DE
LA SCIENCE ET LA VIE

RENSEIGNEMENTS
GRATUITS SUR PLACE
ET PAR ÉCRIT AU

**SERVICE SPÉCIAL DES
INVENTIONS NOUVELLES**

DE
LA SCIENCE ET LA VIE

23, RUE LA BOÉTIE
PARIS (VIII^e)

P. BL. C. BLOCH



En partant en vacances, n'oubliez pas votre lunette munie des verres ponctuels **STIGMAL** en teintes foncées, qui évitent l'éblouissement par le soleil. Le verre **STIGMAL**, en teintes foncées, est un verre anti-solaire idéal car il n'altère aucunement les couleurs.

verres **STIGMAL**

En vente chez les Opticiens-Spécialistes (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, r. Pastourelle, à Paris, ne vend pas aux Particuliers.



Par une élite de Professeurs et par Inspecteurs prim.
**COURS DE VACANCES
ORAUX ou par CORRESPONDANCE**

préparant avec maximum de chances de succès
du 17 AOÛT à l'EXAMEN

**Brevet élém. - B. E. P. S. - Brevet sup.
BACCALAURÉATS**

PRIX MODÉRÉS — NOMBRE DE PLACES LIMITÉ

Cours NADAUD SCIENTIFIQUE et LITTÉRAIRE
1, pl. Jussieu, Paris. - Tél. Port-Royal 13-38

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

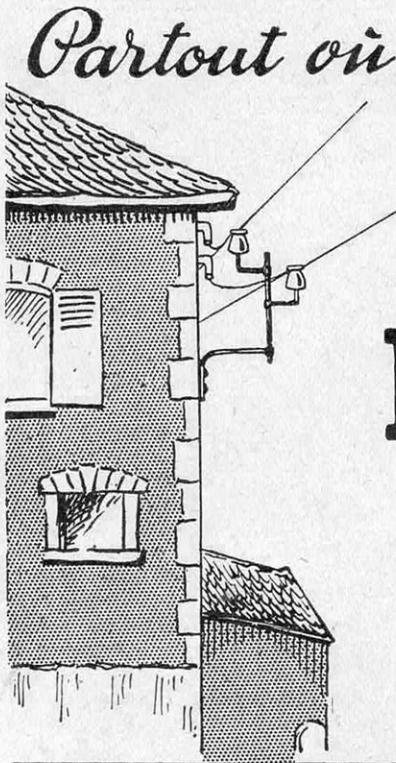
FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression
par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

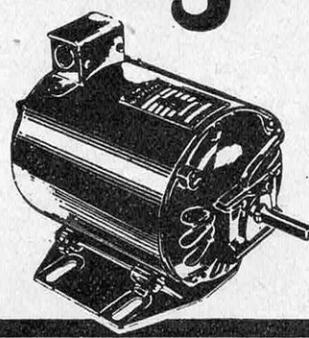
tous débits, toutes pressions, tous usages



*Partout où passe
le courant lumière*

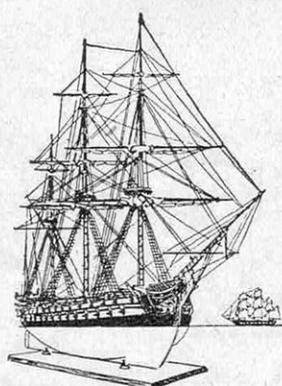
...ET SANS INSTALLER
LA FORCE!
vous pouvez brancher un

Ragonot-Delco



ETS RAGONOT
15, Rue de Milan - PARIS-IX*
Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R.-L. Dupuy



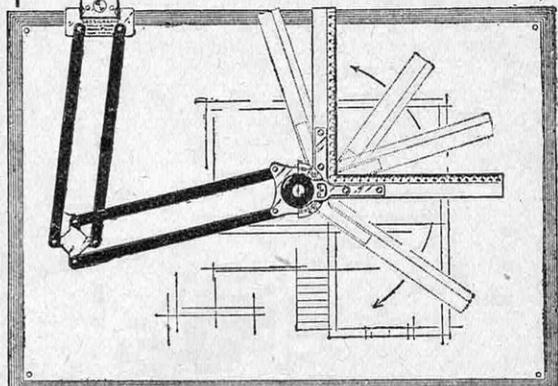
**“ CONSTRUISEZ
DES MODÈLES RÉDUITS
DE MARINE ”**

1 volume in-8 couronne
368 pages, 425 figures, 1 grande planche

Demandez la notice-spécimen à
BARROT-GAILLARD
15, rue Bleue, Paris

LE “DESSIGRAPHE”

BREVETÉ S. G. D. G. - MADE IN FRANCE
MARQUE ET MODÈLES DÉPOSÉS
(Nouveau modèle perfectionné)



**Dessinera rapidement
votre pensée technique**

SIMPLE RAPIDE PRÉCIS ROBUSTE BON MARCHÉ **POUR DESSINATEURS ARCHITECTES INGÉNIEURS ÉTUDIANTS, etc.**
Pour planche : 75×60, **150 fr.** ; 120×80, **250 fr.**
Emballage et port : France, 10 fr. ; Etranger, 25 fr.
Catalogue 12 bis Franco - Chèque postal : 2035-52

P. BERVILLE, 18, rue La Fayette - PARIS (IX°)

ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire **CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE**, sans déplacement, sans abandonner votre situation, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le **MINIMUM DE DÉPENSES**, dans le **MINIMUM DE TEMPS**, avec le **MAXIMUM DE PROFIT**, quels que soient votre degré d'instruction et votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, dans tous les ordres et à tous les degrés du savoir, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper, ou pour changer totalement d'orientation.

Le moyen vous en est fourni par les **COURS PAR CORRESPONDANCE** de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE,

placée sous le haut patronage de plusieurs Ministères et Sous-Secrétariats d'Etat,
LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE.

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 32 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

LES MILLIERS DE SUCCÈS

que remportent, chaque année, ses élèves aux examens et concours publics, ainsi que par les **milliers de lettres d'éloges** qu'elle reçoit de ses élèves et dont quelques-unes sont publiées dans ses brochures-programmes.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **vosre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la recevrez par retour du courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

BROCHURE N° 43.602, concernant les *classes complètes* de l'**Enseignement primaire et primaire supérieur** jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

(Enseignement donné par des inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.)

BROCHURE N° 43.606, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux *divers baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 43.611, concernant la préparation à *tous les examens* de l'**Enseignement supérieur** : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 43.615, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 43.620, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des professeurs de l'Université.)

BROCHURE N° 43.629, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de la **Marine marchande** : Officier de pont, Officier mécanicien, Commissaire, T. S. F., etc.
(Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.)

BROCHURE N° 43.632, concernant la préparation aux carrières d'**Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de Chantier, Contremaître** dans toutes les spécialités de l'**Industrie** et des **Travaux publics** ; Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.)

BROCHURE N° 43.635, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

BROCHURE N° 43.641, concernant la préparation à toutes les carrières du **Commerce** (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe) ; de la **Comptabilité** (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres) ; de la **Représentation**, de la **Banque** et de la **Bourse**, des **Assurances**, de l'**Industrie hôtelière**, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.)

BROCHURE N° 43.646, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chemiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 43.651, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 43.657, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 43.660, concernant l'étude de l'**Orthographe**, de la **Rédaction**, de la **Rédaction de lettres**, de l'**Eloquence usuelle**, du **Calcul**, du **Calcul mental** et extra-rapide, du **Dessin usuel**, de l'**Ecriture**, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

BROCHURE N° 43.665, concernant l'étude des **Langues étrangères** : *Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto*. — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le **Tourisme** (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 43.670, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de Dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats**, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 43.679, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (*Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition*), Musique instrumentale (*Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon*) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la **Musique** et aux divers **Professorats** officiels ou privés.
(Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 43.683, concernant la préparation à toutes les **carrières coloniales** : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.
(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

BROCHURE N° 43.685, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

BROCHURE N° 43.691, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

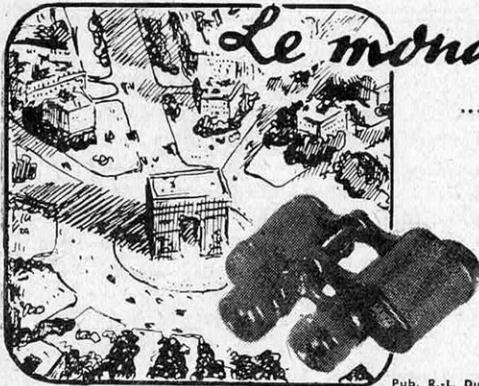
BROCHURE N° 43.695, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 43.697, **Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté**.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)



Le monde est si petit !

...vu d'en haut ou vu de loin.

Pour "voir grand", pour profiter intégralement des spectacles de la nature et de toutes les merveilles que le progrès vous permet de découvrir à votre gré, il vous faut une jumelle !

Demandez à votre opticien la luxueuse plaquette "UN RÊVE RÉALISÉ" ou l'histoire de l'optique à travers les âges ; ou réclamez-la à BBT KRAUSS, 82, rue Curial, PARIS.

Pub. R.-L. Dupuy

Vous apprécierez la "MILLI 312" jumelle extra-légère de luxe à présentation normale ou isotherme.



LA RADIESTHÉSIE

scientifiquement expliquée
par la théorie de la

RADIO - DÉSINTÉGRATION

Résultats précis et applications pratiques grâce à la méthode et aux appareils sélectifs de

M. L. TURENNE

Ingénieur E. C. P., ancien professeur de T. S. F. à l'École d'artillerie de Fontainebleau.

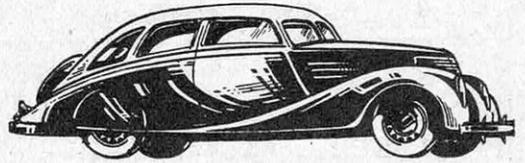
19, rue de Chazelles, PARIS (17^e) Téléphone : Wagram 42-23

Etude de toutes les ondes : leur origine, leur nature, leur influence sur notre organisme. Ondes favorables. Ondes nuisibles. Le moyen de nous en protéger.

Notices, Livres, Leçons particulières et
COURS PAR CORRESPONDANCE

Envoi franco de notices explicatives

RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.
Etudes sur plans. — Installations d'eau
POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE



3 - DANS - UN

vient de lancer dans le monde entier
la Pâte 3 - DANS - UN

Cette pâte onctueuse nettoie la carrosserie et lui assure une protection parfaite et un brillant incomparable.

Ce produit exceptionnel, fabriqué par les créateurs de l'huile 3 - DANS - UN, universellement appréciée, protège la carrosserie contre l'oxydation et résiste à l'eau.

Facilité d'application, durée inégalée. Le meilleur produit de protection et de lustrage.

En vente partout : Quincailleries, marchands de couleurs, armuriers, bazars, grands magasins, etc...

Distributeurs : C. F. L. - Rue Vallier, 4, Levallois-Perret (Seine).

INVENTEURS

POUR VOS **BREVETS** L. DENÈS
INGÉNIEUR-CONSEIL
35, Rue de la Lune, PARIS 2^e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S"

LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation
Scientifique et Industrielle

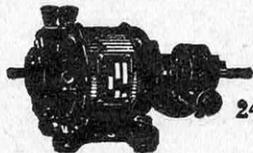
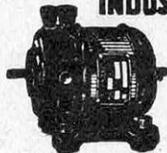
ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

**PETITS MOTEURS
INDUSTRIELS**



240 ^{BOULEVARD} JAURES
BULLANCOURT

TELEPHONE
MOLITOR 21.30

L. DRAKE CONSTRUCTEUR



PUBL. C. BLOCH

POUR VOS VACANCES **DESSINEUR**
emportez un

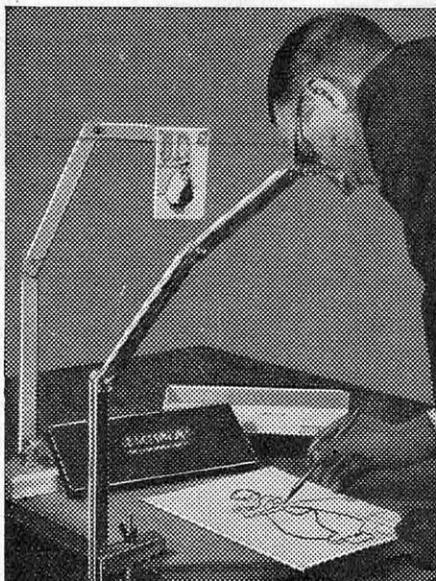
(Chambre claire universelle simplifiée)

155 fr.

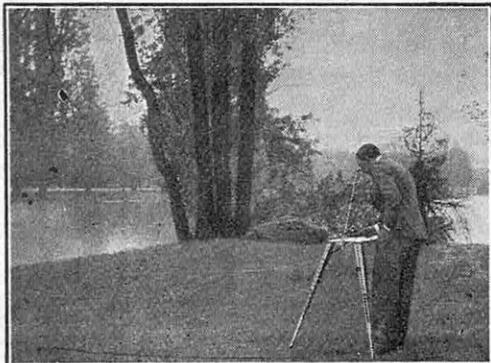
Emballage et port : France 5 fr. ; Etranger 10 fr.
Frais de contre remboursement 5 fr.

D'un seul coup d'œil le DESSINEUR permet, sans connaissance du dessin, de dessiner immédiatement : Paysages, Portraits, Photos, Documents, Objets quelconques, etc.

**Agrandit, Copie, Réduit d'après nature
et d'après documents**



EX : AGRANDISSEMENT D'UNE PHOTO



EX : PAYSAGE D'APRÈS NATURE

Catalogue
n° 12
gratuit
sur
demande

Chèque. Post.
1271-92
Métro :
Ch. d'Antin
Téléph.
Prov.41-74

P. BERVILLE Instruments et fournitures p^r le dessin
18, rue La Fayette, Paris-9^e

SOURDS

Pour chaque degré de surdité, un
PHONOPHORE

NOUVEAUX MODÈLES
à conduction osseuse et aérotympanique
Remboursement partiel par Assurances sociales
DÉMONSTRATIONS GRATUITES

SIEMENS PHONOPHORE Co, Service "S"
4, rue Chauchat, Paris (9^e) - Proxence 98-77

EGOVOX

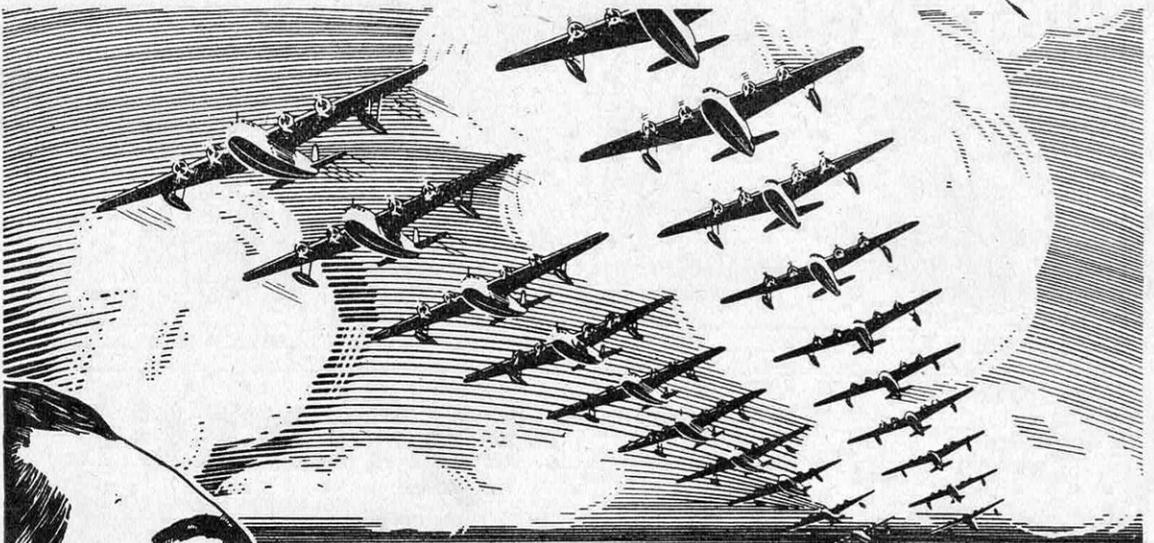
L'ENREGISTREUR DU SON

Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix : **69 fr.**
1, rue Lincoln, Paris-8^e

PUBL. C. BLOCH



POUR CHAQUE APPAREIL

IL faut Radio
UN OPERATEUR

Pour chaque poste lointain...

Pour chaque station...

Pour chaque navire...

il faut PLUSIEURS OPERATEURS RADIO

C'est dire toute l'importance des débouchés que vous offrent les carrières civiles et militaires de la Radio.

JEUNES GENS !...

... L'ÉCOLE DES GRANDS AS ROSSI ET JAPY vous préparera avec le maximum de chances de réussite aux carrières auxquelles vous aspirez :

AVIATION - MARINE - ADMINISTRATIONS - INDUSTRIE

COURS du JOUR, du SOIR et PAR CORRESPONDANCE

● Demandez-nous le « Guide complet des carrières de la Radio ».

B. ROGER



ÉCOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2^e



Telephone Central 78.87

PUBLICITÉ SERVICE PROPAGANDE E. C. T. S. F., N° 3

Prochaines sessions : JUILLET et OCTOBRE

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

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Enghien, Paris-10^e

Chèques postaux : N° 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 118, avenue des Champs-Élysées, Paris-8^e

Chèques postaux : N° 59-70, Paris — Téléphone : Elysées 65-94 à 98

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

Copyright by La Science et la Vie, Juillet 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LVI

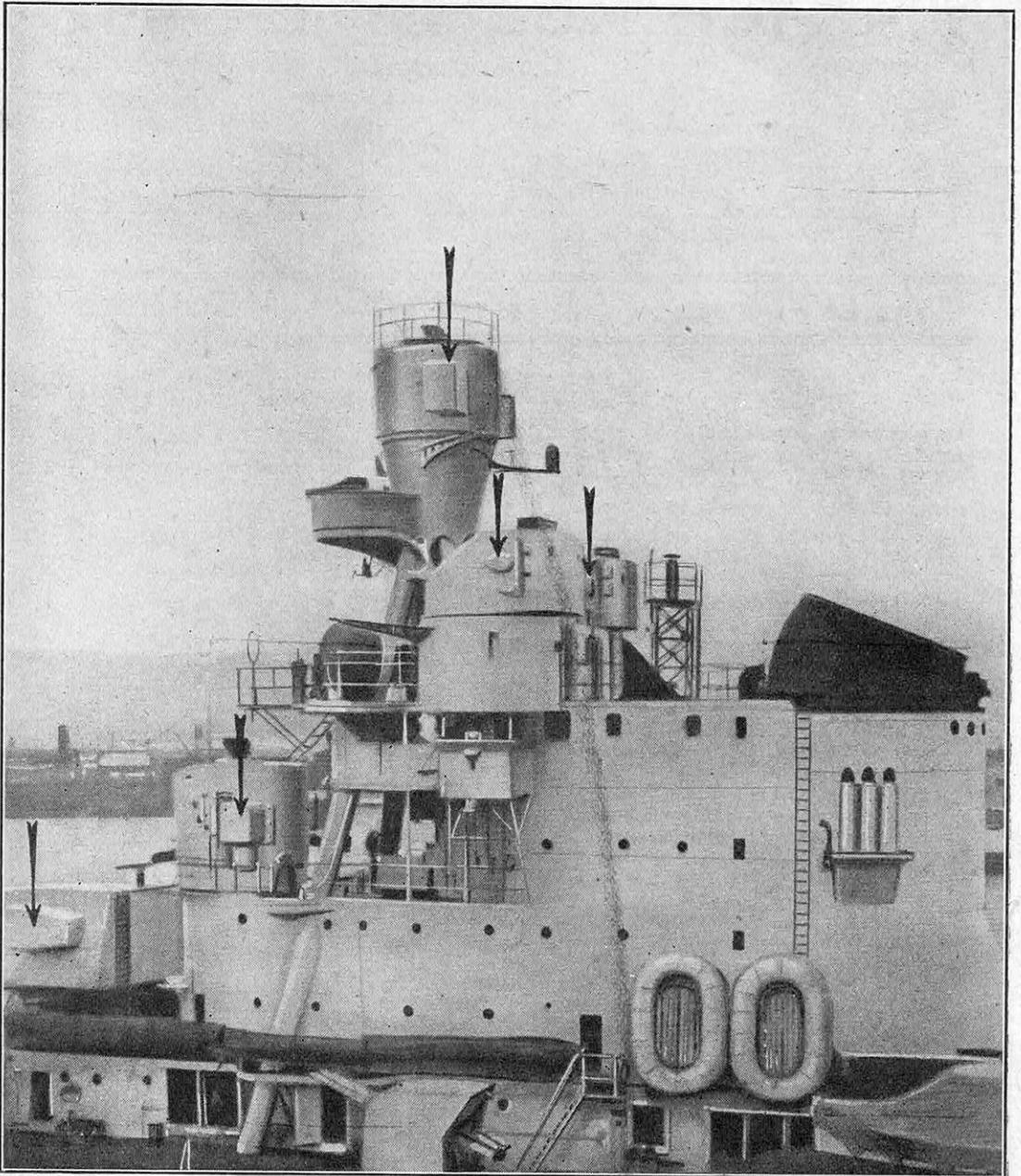
Juillet 1939

Numéro 265

SOMMAIRE

| | |
|--|--|
| Les télémètres de précision dans le tir antiaérien et le combat naval .. <i>L'efficacité du tir de l'artillerie contre des objectifs aussi rapidement mobiles que les bâtiments de combat et surtout les avions bombardiers dépend au premier chef des perfectionnements apportés à la construction des télémètres.</i> | Armand de Gramont 3 De l'Académie des Sciences. Président du Conseil de l'Institut d'Optique. |
| Savons-nous choisir et doser nos aliments ? <i>La science moderne nous montre comment il sera possible d'augmenter sensiblement le rendement de la machine humaine.</i> | L. Houlléviq. 10 Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille. |
| A Génissiat va être édifée la plus puissante centrale hydroélectrique de France <i>Voici le plus grandiose de tous les projets de travaux entrepris en France : le barrage du Rhône à Génissiat dont l'usine doit développer 1 demi-million de kW.</i> | Charles Brachet 16 |
| Un nouveau textile : la fibre de verre, isolant thermique, acoustique et électrique <i>Les méthodes modernes d'étirage du verre permettent de réaliser un feutre très léger et inaltérable qui résout de nombreux problèmes d'isolation.</i> | André Guillaumin. 25 Ingénieur Chimiste. |
| L'industrie des sérums à l'Institut Pasteur <i>Voici les plus récents perfectionnements apportés à la technique ultra-moderne de leur préparation en grande série.</i> | Pierre Keszler 31 |
| Comment la science agronomique lutte contre les ennemis des cultures <i>Pour combattre les parasites végétaux et animaux, le cultivateur doit disposer aujourd'hui d'un véritable arsenal : gaz et liquides toxiques, lance-flammes, etc.</i> | Tony Ballu. 36 Professeur à l'Institut agronomique. |
| Réalisera-t-on, un jour, une machine volante propulsée par la seule puissance musculaire ? <i>Le planeur à hélice actionnée par des pédales utilise la puissance du pilote avec un rendement déplorable. Par contre, le vol humain, battu et plané, ne paraît nullement une utopie.</i> | Henry Girerd. 45 Docteur ès sciences. |
| Notre poste d'écoute | S. et V. 50 |
| Si une météorite géante rencontrerait la Terre <i>La Terre a déjà reçu, dans les temps historiques, au moins deux météorites géantes sans qu'il en soit résulté aucun trouble appréciable dans sa rotation propre et son mouvement planétaire.</i> | Pierre Rousseau 53 |
| Le contrôle des émissions radiophoniques et la police internationale des ondes <i>Le Centre de Contrôle de Bruxelles a pour mission non seulement de signaler tout défaut des émissions risquant de gêner les auditions, mais encore d'étudier la propagation des ondes.</i> | Michel Adam. 62 Ingénieur de l'Ecole supérieure d'Electricité. |
| Peut-on sauver les équipages des sous-marins en détresse ? <i>Voici les appareils modernes qui permettent à un équipage de quitter un sous-marin immobilisé sur le fond et de regagner la surface.</i> | Henri Le Masson. 68 |

Dans le combat naval comme dans la défense antiaérienne, mesurer rapidement et avec précision la distance du but constitue un problème capital pour la conduite du tir. Les télémètres modernes permettent non seulement d'évaluer à moins de 1 % près des distances voisines de 40 km (combat naval), mais encore de déterminer les données du tir antiaérien en tenant compte de la vitesse de déplacement de l'avion et du temps mis par l'obus pour l'atteindre. La couverture de ce numéro représente un télémètre de D. C. A. dont les servants transmettent par téléphone, d'une manière continue, au poste de conduite de tir, les éléments incessamment variables indispensables au pointage des pièces. (Voir l'article page 3 de ce numéro.)



LES CINQ TOURELLES DE TÉLÉMÉTRIE (INDIQUÉES PAR DES FLÈCHES) INSTALLÉES SUR LA MATURE AVANT D'UN DES DERNIERS CROISEURS ITALIENS DE 10 000 T, LE « POLA »

L'installation des télémètres à bord des grands navires de guerre pose au constructeur naval les plus difficiles problèmes. Les tourelles de télémétrie doivent être nombreuses : celles qui desservent l'artillerie principale pour parer à la destruction de l'une d'elles, celles qui desservent l'artillerie de D. C. A. pour permettre de diriger le tir simultanément contre plusieurs objectifs. Elles ne doivent pas se gêner les unes les autres. Elles ne doivent pas être gênées, quelles que soient l'intensité et la direction du vent, par les fumées qui troublent la vision par leur opacité et surtout par l'effet de réfraction dû à leur température. La photographie ci-dessus de la mâture avant des croiseurs de 10 000 t italiens Pola et Bolzano montre la solution adoptée pour protéger contre la fumée de la cheminée avant les cinq tourelles de télémétrie qu'on y aperçoit : une tourelle pour l'artillerie principale en tête du tripode, deux tourelles pour l'artillerie de D. C. A. à l'étage inférieur, une autre sur l'avant du tripode et une cinquième confondue avec la tourelle supérieure avant d'artillerie principale. Dans les tripodes ordinaires, à certaines vitesses et par certaines directions de vent, la forte dépression qui est créée sur l'arrière du tripode y aspire les fumées de la cheminée avant. Aussi a-t-on réuni le tripode à la cheminée par quatre étages de constructions continues.

LES TÉLÉMÈTRES DE HAUTE PRÉCISION DANS LE TIR ANTIAÉRIEN ET LE COMBAT NAVAL

Par Armand de GRAMONT

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES — PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'INSTITUT D'OPTIQUE

Le pointage d'un canon de marine ou de défense contre avion, la navigation à l'aide de repères tels que phares ou bouées, l'exécution rapide de levés topographiques, la mise au point d'un appareil photographique sont autant d'opérations qui exigent une évaluation immédiate et relativement précise de la distance d'un objet éloigné. Les appareils utilisés dans ce but portent le nom de télémètres et ne constituent en somme qu'un perfectionnement de notre système empirique d'évaluation des distances par la vision binoculaire. Leur principe est très simple, mais leur réalisation soulève des problèmes mécaniques et optiques souvent fort complexes, les conditions mêmes de leur emploi exigeant d'eux une construction robuste qu'il est rare de rencontrer chez des instruments d'optique d'aussi haute précision. Tel est le cas, par exemple, des gigantesques télémètres dont sont dotés les navires de ligne modernes et qui sont capables, manœuvrés par des équipages entraînés, d'évaluer des distances de l'ordre de 30 à 40 km avec une erreur ne dépassant pas quelque 300 à 400 m, malgré les oscillations de la houle, les éclatements des projectiles et les vibrations du navire.

Nous effectuons, dans la vie de chaque jour, des mesures comparatives de distances. Depuis l'enfance, nous avons appris à juger la situation des objets extérieurs au moyen d'un ensemble de caractéristiques : diamètre apparent, déplacement des divers plans observés, contrastes, sans compter, pour les petites distances, la mise au point oculaire et la convergence des regards. Mais la plupart de ces mesures ne sont que relatives : elles nous apprennent si tel point est plus proche ou plus éloigné que tel autre. Nous ne pouvons déterminer la distance exacte d'un but que si nous disposons de points de comparaison repérés.

C'est cette mesure absolue de la distance des objets extérieurs que réalise le télémètre : il matérialise, en quelque sorte, dans l'espace une échelle de profondeur à laquelle nous pourrions comparer la situation d'un but déterminé.

En quoi consiste le principe des télémètres stéréoscopiques

Si nous étions à même de mesurer par un artifice mécanique l'angle de convergence de nos rayons visuels à l'instant où ils sont dirigés vers un objectif, nous pourrions en déduire sa distance du point considéré. On donne à cet angle le nom d'angle parallaxique ou, plus simplement, de « parallaxe ».

La mesure de la parallaxe peut être obtenue de la façon suivante : tenant la tête immobile, plaçons devant nos yeux G et D , à une distance connue, un écran transparent E (fig. 1). Puis, visant avec l'œil droit, ensuite avec le gauche, repérons sur cet écran, en R et R' , la double direction du but B considéré. Connaissant à la fois l'écart des repères R et R' , celui de nos yeux ainsi que leur distance à l'écran, nous possédons les données nécessaires pour obtenir la distance du point visé.

Cette opération que nous venons de faire en deux temps, nous pouvons l'exécuter simultanément avec les deux yeux ouverts. Si les repères R et R' sont dans la position indiquée sur la figure, il nous semblera n'apercevoir qu'un seul repère coïncidant en profondeur avec le but B , en supposant bien entendu que la différence de mise au point entre le plan de l'écran et celui du but n'intervienne pas.

Si les repères R et R' sont plus rapprochés qu'ils ne le sont sur la figure, leur image fusionnée semble située en un point de l'espace plus voisin de nous que le point B . Inversement, s'ils sont plus écartés, ils définiront un point situé au delà du but.

Le contraste stéréoscopique réalisé comme il vient d'être dit n'est, en définitive, qu'un double alignement simultané, mais qui se

présente à notre conscience comme une identification entre la distance d'un but et celle d'un repère mobile; nous faisons inconsciemment la synthèse de deux visées correspondant à une certaine parallaxe.

Il est bien évident qu'étant donné le faible écart de nos yeux (65 mm environ), des mesures du genre de celles que nous venons d'indiquer ne sauraient s'appliquer qu'à des points rapprochés. Pour l'étendre à des buts lointains, nous disposons de deux moyens : écarter les points de vue, ou améliorer l'opération d'alignement dont il a été question au moyen d'un appareil gros-

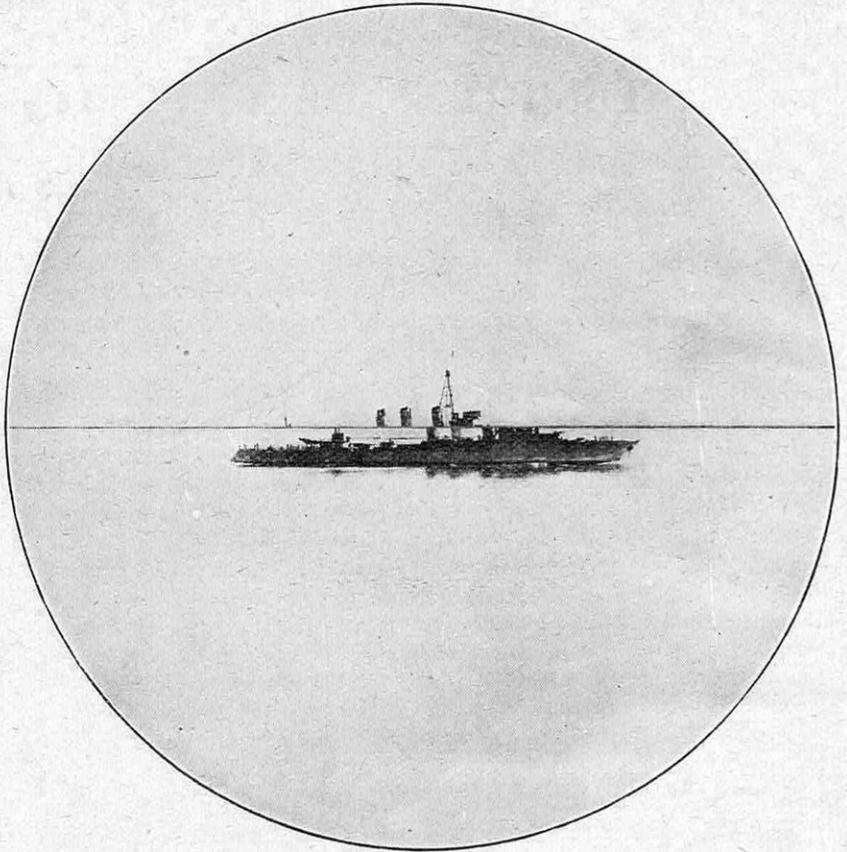
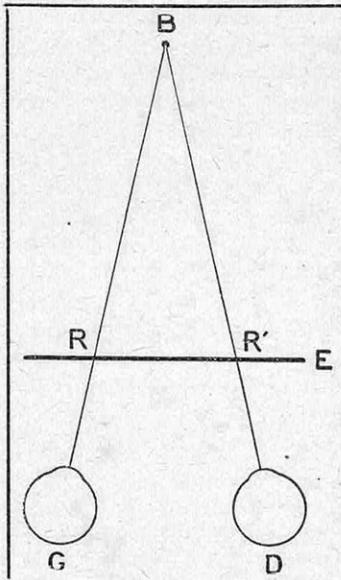


FIG. 2. — ASPECT DU CHAMP D'UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE
La partie supérieure de l'image est décalée vers la gauche ; la mise en coïncidence des cheminées et des mâts permet de mesurer la distance du bâtiment.



sisant. Ces deux moyens sont simultanément employés dans les divers types de télémètres ; leurs effets s'ajoutent et, selon les circonstances, on augmente plus ou moins

FIG. 1. — MESURE DE LA PARALLAXE D'UN BUT

Sur l'écran transparent E,

placé à une distance connue des yeux, on marque R et R' à l'intersection des rayons GB et DB. On peut ainsi construire le trapèze GRR'D et, par conséquent, la parallaxe GBD du point B.

la longueur de la base ou le grossissement de l'appareil.

Le télémètre sera donc constitué par un tube horizontal portant à ses extrémités deux fenêtres d'entrée. Remplaçons les 65 mm de l'écart pupillaire humain par une base de 6 m 50 par exemple : nous multiplions par 100 la parallaxe du but observé. De plus, observons le but au moyen de lunettes de grossissement, 20 par exemple ; nous porterons ainsi la puissance de l'appareil à 100×20 , soit 2 000.

Si notre petit appareil primitif nous permettait de mesurer avec une précision suffisante la distance d'un objet situé à une dizaine de mètres, nous pourrions, avec le télémètre envisagé, repérer des buts distants de 20 km.

Le principe que nous venons d'exposer est celui des télémètres stéréoscopiques. Il est curieux d'observer que ce dispositif, qui n'est en somme qu'une extension instrumentale de nos mesures comparatives de chaque jour, ait été un des derniers en date

dans l'histoire des télémètres monostatiques.

Ce n'est, en effet, qu'en 1893 que A. de Grousilliers fait breveter en Allemagne divers types de télémètres stéréoscopiques, parmi lesquels le dispositif dit « à échelle fixe ». Au lieu d'un couple de repères R et R' dont la distance est variable, on peut, en effet, imaginer une série de couples dessinés une fois pour toutes sur les réticules des lunettes d'observation et qui se trouvent figurer dans l'espace une série de points qui jalonnent le champ suivant un tracé arbitraire. La distance est inscrite à côté des repères, en sorte que l'on peut mesurer directement, sans le déplacement d'aucun organe, la distance à laquelle se trouve le but considéré.

Télémètres à coïncidence

Auparavant, divers types de télémètres avaient été réalisés, notamment pendant la deuxième moitié du XIX^e siècle. Parmi ces essais, il faut retenir deux innovations essentielles : l'une est introduite vers 1865 par le colonel Goulier ; l'autre en 1888 par les ingénieurs anglais Barr et Stroud, créateurs du télémètre à « coïncidence » ou à « images coupées ».

Le colonel Goulier eut l'idée de remplacer, aux extrémités du tube télémétrique, les prismes à réflexion totale par une « équerre optique », combinaison qui, à l'aide de deux surfaces réfléchissantes, renvoie toujours le rayon incident à 90° de la direction pri-



FIG. 4. — TÉLÉMÈTRE DE 30 CM DE LONGUEUR DE BASE POUR RELEVÉS TOPOGRAPHIQUES

mitive. Il supprimait ainsi l'inconvénient dû aux rotations inévitables des prismes, qui déterminaient des erreurs considérables.

Plus tard, Barr et Stroud, au moyen du « prisme séparateur », amenèrent dans un seul champ les images provenant des deux extrémités du télémètre. Un système déviateur déplace une des moitiés de l'image par rapport à l'autre (fig. 2). Lorsque les deux fractions du but considéré se trouvent dans le prolongement l'une de l'autre, la « coïncidence » est réalisée. La distance du but est alors déterminée par l'action de l'organe déviateur.

Nous ne pouvons entrer ici dans la comparaison détaillée des trois méthodes télémétriques que nous venons de signaler. Disons seulement que la télémétrie à coïncidence ne convient que pour les objectifs relativement peu mobiles et possédant des lignes verticales accusées : on n'est à même de juger une coïncidence que si le but présente des contours nettement dessinés et que s'il est possible de le maintenir sur la ligne de séparation des deux champs.

La télémétrie à échelle fixe n'est commode que sur un fond uniforme : la mer ou le ciel par exemple. Si l'on vise avec un tel appareil un but terrestre, les repères des distances se détachent sur un paysage qui peut être plus rapproché qu'eux-mêmes et il s'ensuit une confusion dans l'évaluation de leur situation réciproque.

La télémétrie stéréoscopique à index mobile convient à tous les cas d'observations, mais nécessite, par contre, un certain entraînement des observateurs.



FIG. 3. — TÉLÉMÈTRE PORTATIF DE 75 MM DE BASE POUR FAIBLES DISTANCES

Comment on accroît la précision des télémètres

D'après ce qui vient d'être dit, on a un évident intérêt à augmenter le plus possible la base du télémètre, puisque l'angle parallaxique est proportionnel à cette base.

Le grossissement, au contraire, est limité par diverses considérations : il ne peut guère être supérieur à 10 ou 12, si l'instrument doit être tenu à la main. D'autre part, plus le grossissement est élevé, plus restreint est le champ d'observation. Le grossissement de 25 est rarement dépassé, même dans les grands appareils qui sont supportés mécaniquement. Déjà, avec un tel grossissement, la turbulence atmosphérique est parfois gênante : les déplacements apparents qu'elle impose aux objets visés, déplacements qui sont proportionnels au grossissement, rendent les mesures moins précises.

Pratiquement, le problème se pose de la façon suivante : il y a lieu de fixer d'abord le grossissement le plus favorable d'après les conditions d'emploi de l'appareil, et, ensuite, la base du télémètre se trouve déterminée par la précision exigée des mesures à faire, en tenant compte de la distance moyenne des buts envisagés. La base, il est vrai, se trouve limitée par des considérations de poids ou d'encombrement.

Voyons quelle est la précision que l'on peut attendre d'un télémètre. L'erreur commise sur la distance est d'autant plus petite, comme nous l'avons vu, que la base et le grossissement sont plus grands. Un calcul simple montre qu'elle est proportionnelle au carré de la distance, c'est-à-dire que lorsque la distance double, par exemple, l'erreur commise deviendra quatre fois plus grande.

Il est commode de rapporter l'erreur à l'angle parallaxique du but observé, cette erreur étant mesurée dans le champ amplifié. Les mesures sont alors comparables, quelle que soit la base et quel que soit le grossissement.

On a souvent discuté sur la valeur de l'erreur commise dans l'évaluation de la parallaxe. En fait, elle est très variable selon la clarté de l'atmosphère, le dessin du but et sa mobilité, sans compter l'habileté du télémétriste. Il est bien évident que l'on ne peut prendre pour règle, dans un combat marin par exemple, les précisions obtenues sur un mât immobile au bout d'un champ de tir.

Avec des appareils dont le grossissement est de 20, faire des mesures à 20'' ou 40'' près, cela veut dire que l'on a déterminé l'angle parallaxique à 1'' ou 2'' près. Or, la seconde d'arc représente un peu moins de 1 demi-millimètre vu à 100 mètres de distance :

c'est, on le voit, une mesure assez précise.

Si le but est mobile, si l'on ne dispose pour faire les mesures que d'un intervalle de temps limité, il paraît difficile de déterminer la parallaxe avec une erreur dans le champ amplifié inférieure à 40''. Partant de là, on peut calculer quelle est,

pour divers types de télémètres, l'erreur en mètres commise sur la mesure de la distance du but. Voici quelques résultats :

Divers types de télémètres

Nous ne pouvons décrire ici les divers types de télémètres, qui s'échelonnent depuis les dispositifs inclus dans les appareils photographiques de petit format, et destinés à la mise au point des objectifs, jusqu'aux grands tubes télémétriques d'une dizaine de mètres de long que l'on voit, sur les bâtiments de guerre, déborder des tourelles ou juchés au haut du blockhaus.

De petits télémètres tel que celui de la figure 3 présentent une base de 75 mm et un grossissement de 4 : ils donnent une indication assez précise de la distance jusqu'aux environs de 200 m.

La figure 4 représente un télémètre de 0 m 30 de base et de grossissement 8. Ce petit appareil est utilisé en topographie pour les levés de plans rapides ; il permet de réaliser de bonnes mesures jusqu'à 1 000 m environ.

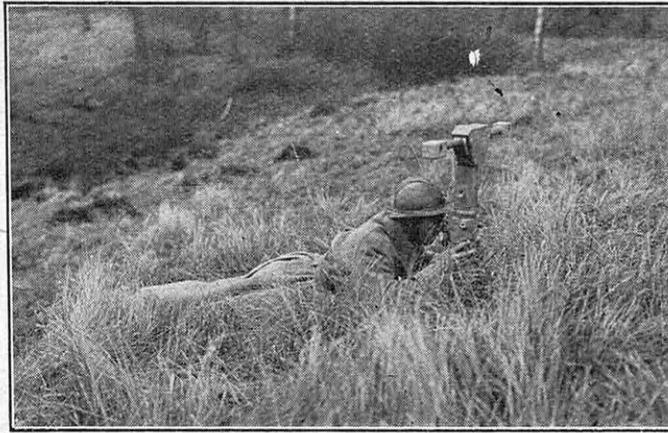


FIG. 5. — TÉLÉMÈTRE PÉRISCOPIQUE DE 80 CM DE BASE, UTILISÉ PAR L'INFANTERIE

Ensuite, ce sont les appareils militaires destinés à l'infanterie. Le tir à la mitrailleuse nécessite une connaissance exacte des distances, d'autant que les points d'impact des projectiles ne sont pas perceptibles. Le télémètre doit être, dans ce cas, suffisamment léger pour être transporté par un seul homme.

Les télémètres périscopiques pouvant émerger au-dessus d'un obstacle permettent d'opérer en toute sécurité. L'appareil représenté sur la figure 5 a 80 cm de base. Il donne des mesures précises jusqu'à 2 ou 3 000 m.

1915, s'est un peu amélioré durant la guerre. Ce n'est pourtant qu'au cours de ces dernières années que le problème a reçu des solutions satisfaisantes.

Les avions modernes font de 100 à 150 m par seconde. Le projectile est sans doute plus rapide que lui, mais sa vitesse moyenne pour de grandes portées n'est guère supérieure à 500 m à la seconde. Il faut donc tenir compte de la vitesse de l'avion et de son orientation, afin de reconstituer sa course dans le temps et dans l'espace. Ceci

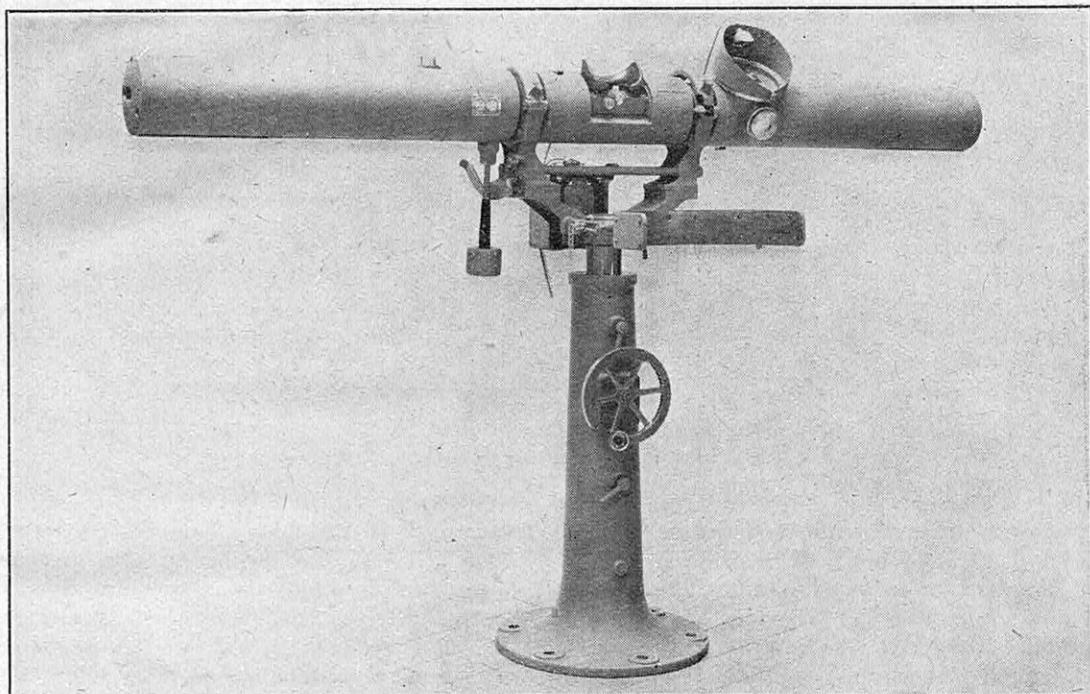


FIG. 6. — TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE DE 2 M DE BASE UTILISÉ A BORD DU « NORMANDIE »
Il permet de repérer les bouées ou balises jusqu'à 5 à 6 km avec une erreur qui n'est pas supérieure à 200 m

La figure 6 représente un télémètre de 2 m de base et de grossissement 18 ; il est utilisé comme instrument de navigation à bord du *Normandie*.

La télémétrie dans le tir antiaérien et dans le combat naval

Tous ces appareils sont destinés à la mesure de la distance d'un but à un moment donné ; ils ne nous renseignent ni sur sa vitesse, ni sur la direction de sa trajectoire. D'autre part, la défense contre avions, comme aussi le tir effectué au cours d'un combat naval sur un bâtiment mobile, ont imposé la création de dispositifs nouveaux : le télémètre est complété par un appareil de « conduite de tir ».

Le tir antiaérien, très peu efficace en

fait, il sera possible de provoquer l'éclatement du projectile au « point futur » où les deux trajectoires se rejoindront.

Si l'avion est à 10 000 m de la batterie, le point futur pourra se trouver à plus de 2 km en avant de lui.

Il ne suffit donc pas d'avoir la distance de l'avion à un moment donné, mais il faut connaître sa situation dans l'espace de façon continue, afin de prévoir les coordonnées de ce point futur au moyen d'une machine à calculer, laquelle effectuée à chaque instant et sans délai un travail qui, sans elle, demanderait de longs calculs.

On conçoit que la précision du tir antiaérien dépende du télémétriste, puisque cette reconstitution de la trajectoire de l'avion ne peut se faire qu'en connaissant

à chaque instant et d'une façon continue sa hauteur et sa distance. Le télémètre est relié à la « conduite de tir », au « prédictor », comme on le nomme en Angleterre, qui est la machine à calculer dont nous avons défini le rôle. Ce vaste appareil, exécuté avec une extrême précision, est manœuvré par un certain nombre de servants qui se trouvent résoudre le problème dont le télémétriste leur fournit les données. Finalement,

tout cet appareillage détermine le site et l'azimut du point futur, ainsi que la distance à laquelle devra éclater le projectile.

Pendant les 10 ou 20 secondes que dure la trajectoire du projectile pour atteindre des avions situés à 6 ou 10 000 m, la route de l'avion sera censée continuer d'une façon uniforme celle qu'il suivait au moment du départ du projectile : il est évident que tout changement d'itinéraire pendant ce temps de trajet rend impossible la rencontre de

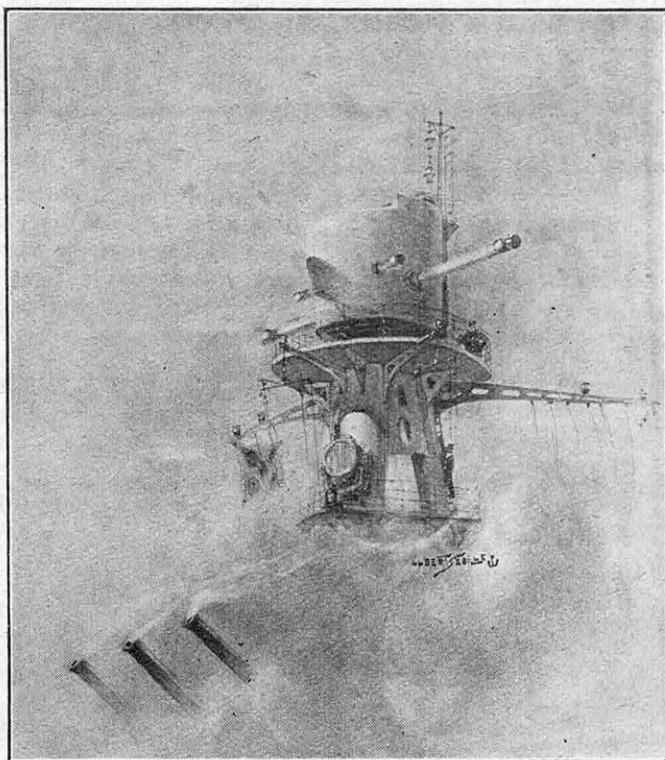


FIG. 7. — TÉLÉMÈTRES INSTALLÉS SUR UN BATIMENT DE GUERRE, AU HAUT DE LA TOURELLE DE POINTAGE

d'être compromises.

Un problème analogue se pose pour le combat marin. Les vitesses des navires sont beaucoup moins grandes que celles des avions ; pourtant une trentaine de nœuds représente une cinquantaine de kilomètres à l'heure, soit une quinzaine de mètres à la seconde. Or, le combat marin s'engage à de grandes distances. Pendant la bataille du Jutland, d'après les données fournies par les

combattants, le tir a débuté à des distances variant de 13 à 16 000 m. On envisage actuellement des portées beaucoup plus grandes.

Les grands télémètres d'une douzaine de mètres de base ou davantage permettent de télémétrer à 30 ou 40 km, si l'atmosphère est assez transparente. Les deux télémètres juchés aux points les plus élevés du bâtiment, dans la tourelle de télépointage, permettent de voir des buts situés à des distances considérables (fig. 7).

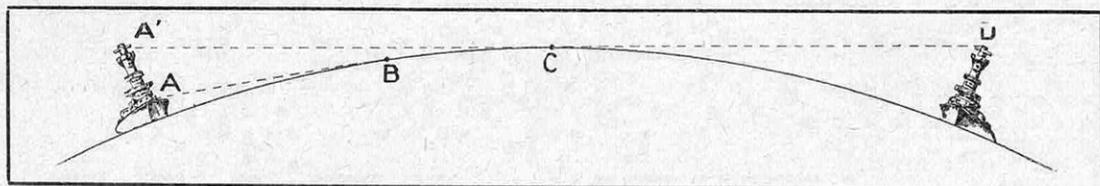


FIG. 8. — L'HORIZON EST LIMITÉ PAR LA COURBURE TERRESTRE

l'avion et du projectile au point futur.

L'aviateur attaqué fera un crochet dès qu'il aura connaissance de la rafale : c'est donc la première salve qui, en le surprenant, sera pour lui la plus dangereuse.

Par contre, à partir du moment où il se sent visé, il est obligé de modifier sa route et les opérations qu'il doit effectuer risquent

C'est la courbure de la Terre qui constitue la limite du champ visuel, limite que nous reculons en nous élevant le plus possible. Considérons un bâtiment figuré en *A* (fig. 8). Pour un observateur placé sur le pont, à 10 m, par exemple, au-dessus du niveau de la mer, la ligne d'horizon est située en *B*, à une distance d'environ 11 km. Si notre obser-

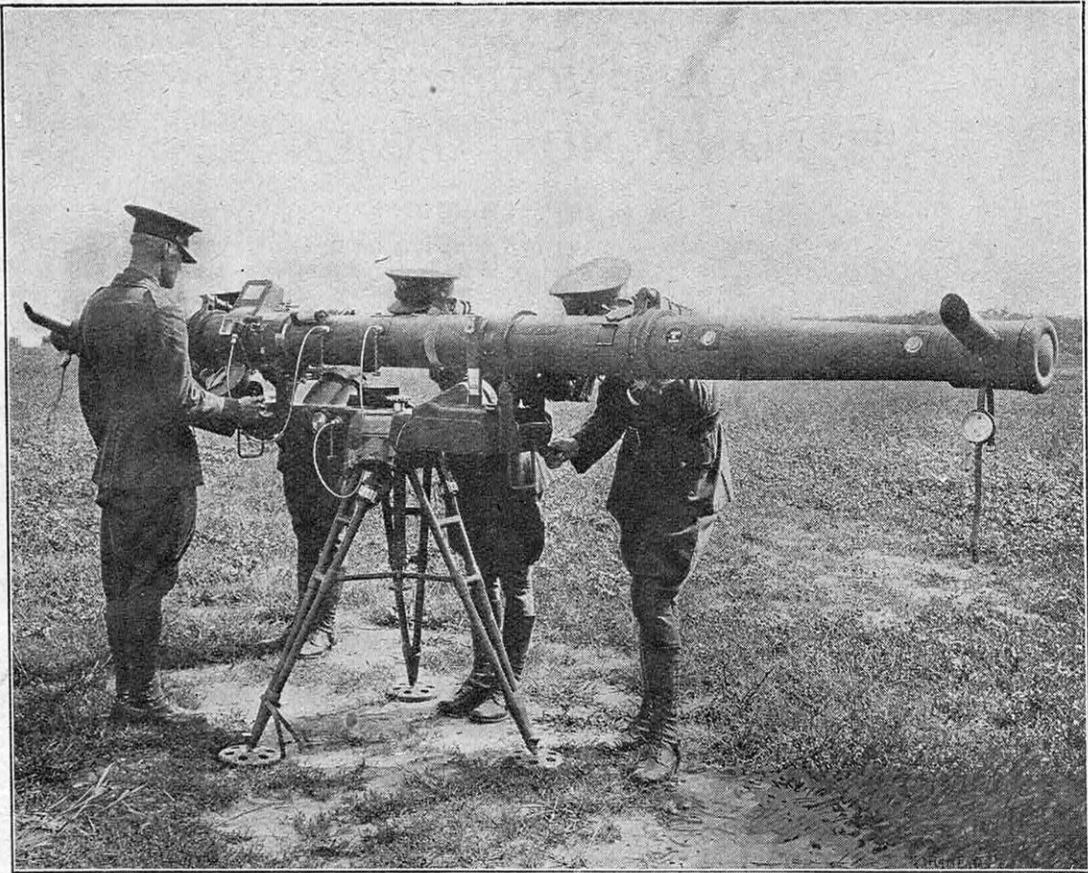


FIG. 9. — ALTI-TÉLÉMÈTRE POUR TIR CONTRE AVIONS

Deux servants dirigent le télémètre vers le but. Entre eux, le télémétriste assure le contact stéréoscopique. Le quatrième opérateur lit la distance affichée et la transmet au poste de conduite de tir. (Appareil français en expérience aux Etats-Unis.)

vateur s'élève dans la mâture à 30 m au-dessus de l'eau, son horizon se trouve reporté en C, distant de près de 20 km. Mais nous voyons parfois en mer des objectifs beaucoup plus lointains, tel que le sommet d'une falaise, qui est perceptible alors que le rivage proprement dit ne l'est pas.

De même, si le bâtiment D a 30 m de hauteur, la distance d'observation possible entre les deux navires se trouve pratiquement doublée : c'est ainsi qu'on peut, en mer, apercevoir la mâture ou simplement la fumée d'un point distant d'une quarantaine de kilomètres.

Supposons que l'erreur sur la parallaxe ne

dépasse pas 20'' ; un télémètre de 12 m de base et de grossissement 25 donnerait, dans ces conditions, la distance d'un point distant de 30 km à 300 m près.

Il est surprenant qu'une telle précision puisse être obtenue d'un appareil soumis aux vibrations du navire, aux ébranlements dus aux projectiles tirés dans son voisinage et aux oscillations produites par la houle. Il est sans doute nécessaire pour atteindre un pareil résultat de disposer à bord d'un bon matériel et d'un personnel parfaitement entraîné.

Les tirs exécutés par notre marine prouvent que nous possédons l'un et l'autre.

ARMAND DE GRAMONT.



SAVONS-NOUS CHOISIR ET DOSER NOS ALIMENTS ?

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Le choix et le dosage des aliments qui entretiennent notre vie et notre activité constituent un problème très important et très complexe, qui a rarement reçu dans le passé de solution satisfaisante. C'est seulement depuis le siècle dernier qu'il est devenu l'objet de recherches scientifiques conduites. Les aliments ont pour mission de réparer l'usure de nos tissus et de compenser nos dépenses d'énergie. De ce premier point de vue, on a pu établir l'existence, pour certains produits (acides aminés, graisses, hydrates de carbone, minéraux), de doses minima au-dessous desquelles la réfection du protoplasma humain est impossible, et mettre en évidence le rôle capital de ces catalyseurs des réactions d'assimilation que sont les vitamines (1). Un certain équilibre est en outre indispensable entre les proportions de ces constituants de notre alimentation. Du deuxième point de vue, des études très précises (2) effectuées dans une chambre calorimétrique spécialement conçue ont montré que l'énergie dépensée par le corps comprend : une quantité de chaleur invariable (métabolisme de base) dégagée par l'organisme au repos et à la parfaite neutralité thermique, pour son service physiologique, une autre destinée à lutter contre le froid, et enfin le travail musculaire qui est produit avec un certain rendement comme dans toute machine thermique. Les aliments qui nous fournissent cette énergie, hydrates de carbone, graisses, albuminoïdes, n'ont pas tous la même valeur énergétique, et leur dégradation produit des résidus plus ou moins toxiques. La « bioénergétique », science récemment fondée par Jules Lefèvre, doit nous renseigner sur les moyens d'augmenter le rendement de la machine humaine, tout en diminuant son usure, par une exacte adaptation des quantités ingérées au travail fourni.

LE grand prix fondé par le prince Albert de Monaco a été attribué au biologiste J. Lefèvre pour l'ensemble de ses travaux, et spécialement pour deux œuvres capitales : la publication du *Manuel Critique de Biologie*, imposant ouvrage où tous les problèmes et toutes les données qui se rapportent à la vie sont posés et discutés ; et ensuite pour l'établissement, rue de l'Estrapade, du plus parfait *Laboratoire de Bioénergétique* qui existe actuellement. A cette récompense, *La Science et la Vie* veut ajouter, en hommage, l'examen sommaire du problème alimentaire, auquel J. Lefèvre a consacré le meilleur de son activité.

Ce problème ne présente pas seulement un intérêt biologique ; sa solution rationnelle importe grandement à la vie économique du globe : rien qu'en Europe, elle intéresse près d'un demi-milliard d'êtres humains. Avant la Science, la Nature avait pourvu l'homme, comme la plupart des animaux, de deux instincts chargés de diriger l'alimentation : l'un, quantitatif, l'appétit, règle la masse des aliments absorbés ;

l'autre, qualitatif, le goût, en dirige le choix. Ces moyens ont suffi, tant bien que mal, jusqu'au moment où l'étude scientifique des phénomènes vitaux a permis d'y ajouter des règles précises, encore que ces règles ne soient pas rigides et doivent être appliquées avec souplesse et discernement, en tenant compte du climat, des habitudes, des métiers, des disponibilités alimentaires.

L'importance de ces problèmes a été sentie universellement, et de nombreux Etats : Danemark, Russie, Etats-Unis..., se sont préoccupés de régler l'alimentation publique suivant les normes scientifiques. Ce même souci s'est fait jour à la Société des Nations, qui a institué un Comité d'Etudes sur l'Alimentation (1).

Les types alimentaires

Une première série de résultats a été obtenue par les biologistes en expérimen-

(1) Celui-ci a résumé ses conclusions dans d'intéressantes publications :

D^r HAZEMANN. — *Rapport du Comité de l'Alimentation dans ses rapports avec l'hygiène, l'agriculture et la politique économique*. Genève 1937 ;

Etude sur la politique générale de l'alimentation. Genève 1938.

E.-J. BIGWOOD. — *Directives pour les enquêtes sur la nutrition des populations*. Genève 1939.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 77 ; n° 250, page 305 ; n° 261, page 182.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 133, page 59.

tant d'abord sur les animaux, puis sur l'homme lui-même, de façon à déterminer les types alimentaires fondamentaux. Ils ont reconnu que les aliments indispensables pouvaient d'abord se répartir en trois grandes classes : les *glucides*, les *lipides*, les *protides*, en dehors de l'eau et des produits minéraux dont nous parlerons plus tard.

Les *glucoïdes*, ou hydrates de carbone, sont des produits ternaires, c'est-à-dire formés avec trois éléments, carbone, hydrogène et oxygène ; ils ont pour type le glucose, ou sucre de fruits, dont la formule est $C^6(H^{10}O)^6$, et se retrouvent dans les sucres, l'amidon et en général dans les matières féculentes et amylacées ; ce sont essentiellement des aliments respiratoires, c'est-à-dire que leur oxydation lente dans l'organisme y dégage l'énergie nécessaire à l'entretien de la vie et du travail.

Le même rôle est dévolu, dans l'ensemble, aux lipides, ou matières grasses, qui sont les constituants essentiels des huiles, des graisses et du beurre. Au point de vue chimique, ce sont encore des éléments ternaires, mais dont la molécule est autrement constituée que celle des glucides : ce sont, sauf exceptions, des éthers des acides gras et de la glycérine.

Les protéines jouent dans l'entretien de la vie un rôle plus complexe ; elles interviennent à la fois comme combustibles, c'est-à-dire comme fournisseurs d'énergie, et comme aliment « plastique », ou réparateur des tissus ; on les retrouve dans la viande, dans les diverses albumines, dans la caséine du lait et dans divers éléments élaborés par les végétaux ; au carbone, à l'oxygène et à l'hydrogène, l'azote vient s'ajouter dans la constitution de leur molécule chimique, extraordinairement complexe, puisque son poids atteint et dépasse souvent 16 000 (1).

Des recherches récentes ont mis en évidence le rôle joué, à l'intérieur des diverses protéines, par les *acides aminés* ; on donne ce nom à des composés qui sont, d'abord, des amines, c'est-à-dire de l'ammoniaque NH^3 où un ou plusieurs atomes d'hydrogène sont remplacés par un radical acide

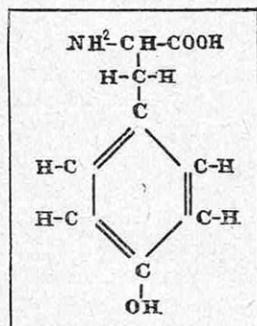


FIG. 1. — FORMULE DE LA TYROSINE

(1) D'après Svedberg, l'hémocyanine de l'escargot a un poids moléculaire supérieur à 5 000 000.

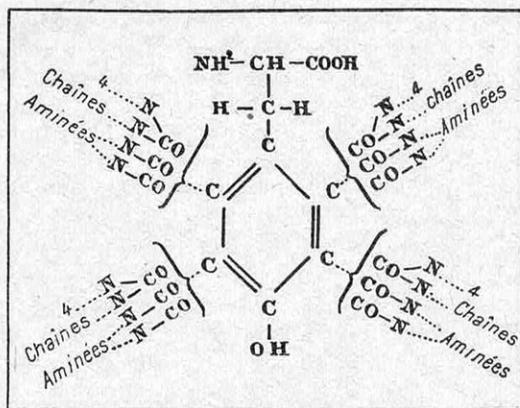


FIG. 2. — UNE FORMULE PROPOSÉE POUR REPRÉSENTER LA MOLÉCULE D'ALBUMINE Cette formule fait dériver l'albumine de la tyrosine (voir figure 1) par substitution de chaînes aminées aux hydrogènes liés aux carbones du noyau. On a aussi proposé des formules plus complexes.

R-COOH, la lettre *R* représentant elle-même un groupement moléculaire plus ou moins complexe. Ces produits, dont on a déjà isolé une vingtaine, sont de véritables « chauves-souris » chimiques : basiques par leur extrémité NH^2 , acides par la terminaison $COOH$, si bien qu'en dissolution ils peuvent se comporter soit comme des acides, soit comme des bases, à moins qu'ils ne jouent simultanément les deux rôles ; c'est sans doute à cette double propriété qu'ils doivent leur rôle en chimie biologique.

En exemple de ces acides aminés, nous citerons spécialement la *tyrosine* (fig. 1) qui, d'après Schützenberger, Kohl et Fischer, servirait de centre à la molécule d'albumine ; la figure 2 nous donne une idée de la complexité présentée par ces molécules de protéines ; encore d'autres représentations, non moins compliquées, ont-elles été suggérées depuis lors ; et cette complexité ne doit pas nous étonner puisque les mesures de pression osmotique ont fourni, pour les molécules du blanc d'œuf, des nombres compris entre 33 000 et 35 000 ; elles nous aident à comprendre comment, en parcourant le cycle vital, ces édifices sont, avant leur destruction totale, soumis à d'incessantes modifications internes.

Parmi les acides aminés, il en est qui ne paraissent bons qu'à brûler, en compagnie des lipides et des glucides, en fournissant de l'énergie, mais d'autres sont précieux et irremplaçables ; tels sont la *cystine*, qui renferme la plus grande partie du soufre d'origine organique, la *thréonine*, la *leucine*, l'*isoleucine*, la *lysine*, la *phénylamine*, le

tryptophane, l'histidine. Ces corps sont les pierres de l'édifice protéique ; ils sont indispensables à la construction et à la réparation de nos tissus ; et, pour chacun d'eux, il existe une dose minimum, sans laquelle la vie n'est pas possible ; c'est ce qu'Osborne et Mendel ont établi en expérimentant sur de jeunes rats.

Le régime alimentaire devra donc contenir non seulement les trois types fondamentaux, mais encore, en quantité suffisante, les acides aminés indispensables ; c'est à ce besoin que répond l'ingestion de la viande, des œufs ou du lait surtout, aliments qui suffisent à garantir l'organisme contre toute carence en acides aminés ; mais des aliments purement végétaux peuvent, à la rigueur, convenir, car divers végétaux produisent eux-mêmes, en quantités variables, ces éléments indispensables. On peut donc toujours, et de bien des façons, constituer un régime approprié ; et ceci prouverait, s'il en était besoin, que la solution idéale ne réside pas dans le retour au cannibalisme, comme l'a préconisé un auteur fantaisiste ; il est vrai que, en théorie du moins, c'est dans sa propre chair que l'homme pourrait trouver, dans la proportion voulue, les aliments les plus semblables à ses tissus, et il est probable que cette théorie, plus ou moins clairement exprimée, doit se trouver à l'origine de certains rites des peuples primitifs ; mais il est bien évident que cette théorie ne saurait, à aucun titre, se recommander de la science.

Un laboratoire de bioénergétique

Les résultats indiqués ci-dessus sont, en général, purement qualitatifs ; tout au plus peuvent-ils nous renseigner sur le minimum vital correspondant à chacun des éléments indispensables. Il est nécessaire de les préciser, en tenant compte des divers éléments variables : l'âge, le sexe, le type racial, la température et la pression atmosphérique (qui conditionnent la vie en altitude), enfin, le travail accompli par le sujet. Il faut donc que ce sujet soit mis en expérience dans des conditions bien déterminées, et qu'on puisse établir un bilan exact des échanges vitaux. Déjà, les expériences américaines d'Atwater et de Benedict, celles d'Hagemann en Allemagne, de M. Amar et de M^{lle} Pompilian en France, avaient montré les conditions, et aussi les difficultés, d'une expérimentation impeccable. Ces conditions ont été réalisées à Paris, dans un magnifique laboratoire (fig. 4) dont la création fait grand honneur à la science française.

Au fond, la méthode bioénergétique est celle que Hirn, un des fondateurs de la thermodynamique, avait mise en œuvre pour étudier le fonctionnement de sa machine à vapeur de Logelbach ; il la faisait marcher à régime constant, mesurait le poids de charbon brûlé, qui lui donnait les calories alimentaires, le poids d'eau vaporisé, la chaleur récupérée au condenseur, celle qui s'était dissipée par rayonnement et par conductibilité, enfin le travail mécanique fourni ; il avait ainsi dressé un bilan énergétique, aussi complet que possible, de la machine.

La même méthode vaut pour la machine humaine ; mais comme les transformations sont plus variées, et comme les quantités d'énergie mises en jeu sont plus faibles, l'expérience veut être conduite avec plus de soin et de précision. La machine à vapeur a un régime alimentaire peu varié, le travail qu'elle effectue est régulier, et, surtout, ses muscles d'acier sont pratiquement inusables. Voyons, d'après cela, comment la méthode devra être modifiée.

D'abord, pas d'expérimentation en plein air, qui rend incertaines les mesures de chaleur perdue par rayonnement et conductibilité, et impossible l'estimation des multiples échanges qui s'effectuent par la peau. Le sujet devra donc être enfermé dans une chambre de mesure, où on pourra tenir registre de ce qui entre et de ce qui sort ; la liste n'en est pas courte.

A la colonne des entrées figurent les aliments ; leur énergie, estimée en calories, résulte des mesures effectuées à part en les brûlant dans un calorimètre ; on sait, par exemple, que 100 g de côte de bœuf fournissent 218 calories, alors que le même poids de saindoux en donne 844 ; le homard, avec sa carapace, en donne 35 seulement, 5 de plus que les escargots, pesés avec leur maison glissante. Et on aperçoit tout de suite la complexité des problèmes réels : comme le foyer de la machine à vapeur laisse des escarbilles non brûlées, notre organisme est bien loin d'utiliser tout ce que notre fantaisie alimentaire lui confie. D'autre part, notre estomac n'est pas un four crématoire, et n'utilise pas toutes les calories qui correspondent à une oxydation complète de l'aliment. Il faudra donc tenir compte, pour les porter à la colonne des sorties, de la valeur en calories des excréta variés, solides, liquides et même gazeux, c'est-à-dire achever leur combustion dont la chaleur, soustraite de celle de l'aliment, détermine l'énergie utilisée effectivement par l'organisme.

Il y a lieu, ensuite, d'établir un compte spécial pour l'eau, dont la circulation entraîne un drainage continu des calories. Celle que nous absorbons sort pure à l'état de vapeur, emportant, pour chaque gramme, 581 calories ; celle qui est rejetée à l'état liquide entraîne, outre la chaleur, des produits incomplètement brûlés dont le bilan doit faire état. Ce bilan doit comprendre, en outre, le dosage de l'oxygène absorbé, de l'acide carbonique produit, de la chaleur dégagée par l'être vivant, enfin la mesure du travail mécanique extérieur.

Toutes ces opérations sont menées à bonne fin dans une chambre close, desservie par de nombreux organes de régulation et de mesure (fig. 4). Le dispositif adopté par M. Lefèvre, figuré dans le croquis de la figure 3, a 2 m 30 de longueur, 2 m de hauteur et 1 m 30 de largeur ; il est si soigneusement calorifugé au kapore que lorsque sa température est de 9 degrés,

l'extérieur étant de 18°, il met plus de quatre heures pour s'échauffer de 1°. A l'intérieur, couchette, siège et, pour se détendre les muscles, un pédalier dont le travail mécanique, transformé en courant par une dynamo, est soigneusement enregistré. La communication avec l'extérieur est assurée, outre le téléphone, au moyen d'un double hublot par où le guichetier du prisonnier volontaire fait passer les aliments et, en sens inverse, les gèsta.

La chambre calorimétrique est au centre

d'une véritable usine, dont les multiples organes tendent à maintenir automatiquement l'équilibre, en dépit des causes qui tendent à le détruire. Equilibre de température d'abord ; le sujet mis en expérience dégage de la chaleur qui échaufferait la chambre si une circulation d'air froid, venu de l'extérieur, n'emportait exactement autant de calorique qu'il s'en produit. Cette

circulation, déterminée par un surpresseur commandé électriquement, met en branle une masse d'air constante, qui tourne en rond en traversant l'organe réfrigérant, constitué par des faisceaux tubulaires immergés dans un bac rempli d'alcool refroidi. Mais comme la réfrigération ainsi obtenue serait trop forte, on ramène la température de l'air à la valeur voulue par passage à travers une caisse où sont tendues des toiles métalliques chauffées par un courant électrique ; l'action de ce réchauffeur est elle-

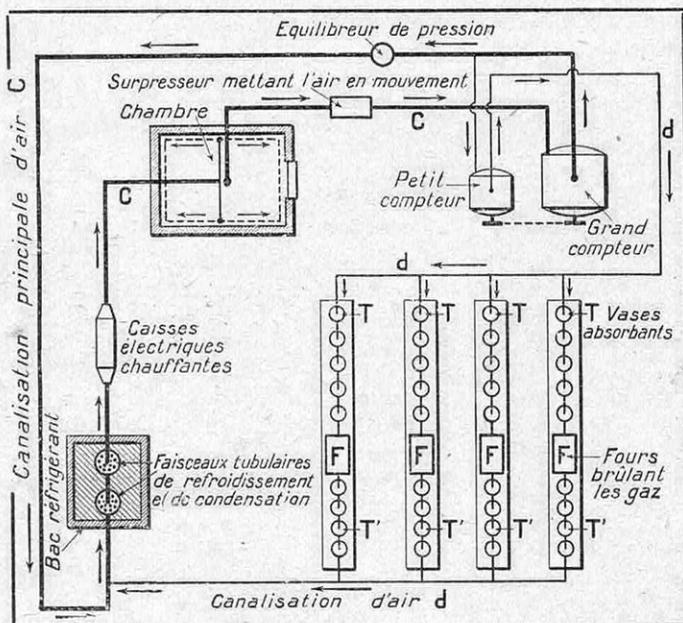


FIG. 3. — SCHÉMA GÉNÉRAL DU LABORATOIRE DE BIO-ÉNERGÉTIQUE DE M. LEFÈVRE

L'air de la chambre calorimétrique est constamment renouvelé au moyen d'une circulation d'air C. En dérivation sur la canalisation C, une canalisation d prélève une petite partie des gaz pour les analyses. Cette analyse comprend : des batteries T qui dosent le gaz carbonique et l'eau ; des fours où sont brûlés les gaz qui échappent à la première analyse, méthane, etc. ; des batteries T' qui dosent les produits de combustion de ces gaz (vapeur d'eau et gaz carbonique). Des compteurs veillent à ce que le débit soit constant dans toutes les canalisations. L'air qui pénètre dans la chambre est maintenu dans un état hygrométrique rigoureusement constant par la condensation réglée des faisceaux tubulaires du bac réfrigérant, puis la température est réglée par des caisses chauffantes.

même commandée par un thermomètre très sensible placé dans la chambre, dont la moindre variation agit immédiatement sur le mécanisme compensateur.

L'équilibre, tout aussi nécessaire, de l'humidité se maintient par un procédé analogue : un hygromètre placé dans la chambre d'expérience commande, à l'aide d'un servomoteur électrique, une petite pompe qui introduit dans le bac réfrigérant de l'alcool froid ou de l'alcool chaud ; naturellement, plus le bac est froid, plus aisément

il condense la vapeur, et l'humidité diminue ; si délicat est cet organisme régulateur que l'état hygrométrique peut être porté et maintenu à une valeur fixe, à 1 ou 2 centièmes près, pendant toute la durée de l'expérience.

Reste à réaliser un troisième équilibre ; la constance de composition chimique de l'air circulant. Rien de plus facile que de restituer, à mesure, l'oxygène absorbé, au moyen d'une bouteille remplie de ce gaz, dont l'ouverture est commandée par un manomètre très sensible ; la pression vient-

leur à deux ou trois millièmes près. Il est possible qu'on fasse mieux demain, car il n'y a pas de limite au progrès technique ; mais, dès à présent, on peut dresser des bilans assez précis pour qu'un certain nombre de conséquences s'en dégagent. En voici quelques-unes.

Le minimum vital.

L'équivalent énergétique du travail

La notion fondamentale est celle qui détermine les conditions limites d'entretien de la

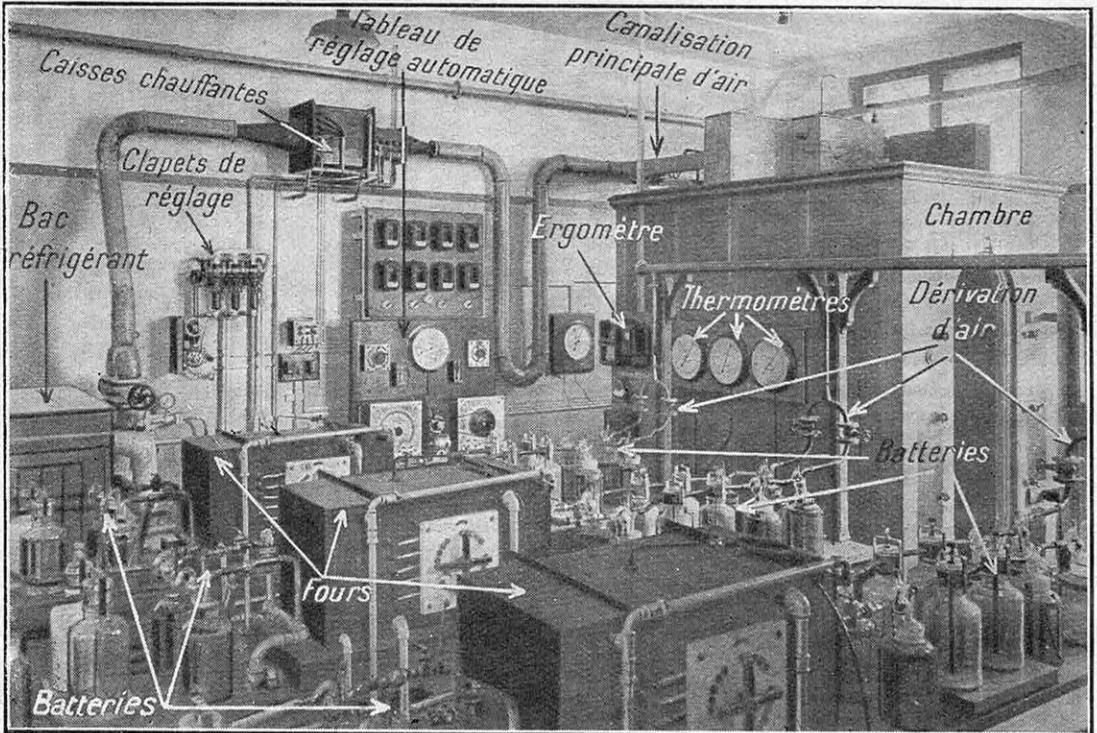


FIG. 4. — VUE GÉNÉRALE DU LABORATOIRE DE BIOÉNERGÉTIQUE DE PARIS

elle à s'abaisser, aussitôt la bouteille déverse dans le circuit l'oxygène compensateur. Pour ce qui est du gaz carbonique, on l'absorbe par circulation dans des vases à potasse, après avoir détruit tous les produits organiques de la respiration et de l'exsudation à travers un four ; mais, comme on ne saurait imposer à toute la masse gazeuse de traverser les appareils purificateurs, on se contente d'y faire passer une dérivation de la canalisation principale ; le partage de l'air se fait, en proportion déterminée, grâce à deux compteurs, solidaires l'un de l'autre.

Grâce à cette machinerie, on peut évaluer la consommation d'oxygène au centième, doser l'eau et l'acide carbonique au millième et mesurer la production de cha-

vic. C'est ce que les biologistes nomment le *métabolisme de base* : le sujet en expérience doit être couché et maintenu au repos complet, dans une atmosphère dont la température est maintenue entre 16 et 18 degrés, et suffisamment couvert pour n'avoir pas besoin de réagir contre le froid ni contre la chaleur du milieu ambiant.

Dans ces conditions, l'homme fait (de 20 à 60 ans) a besoin qu'on lui fournisse 2400 calories par jour (1), sous la triple forme de glucides, de lipides et de protéines, la

(1) Le métabolisme de base tel que le définit J. Lefèvre correspond à une température de 25° C pour un homme légèrement vêtu (point de neutralité thermique). Dans ces conditions, le métabolisme de base est de 1500 calories seulement (voir *Manuel Critique de Biologie*, par Lefèvre, page 947).

fraction de cette dernière catégorie alimentaire s'élevant à 10 % du total.

Mais cette énergie est modifiée par de nombreux facteurs ; elle est de 10 % plus grande à l'état de veille inactive que pendant le sommeil ; la position assise, toujours immobile, l'accroît de 8 % ; la station verticale, de 15 % ; le métabolisme de base est plus élevé de 7 % chez l'homme que chez la femme ; dans tous les cas, la consommation d'énergie s'élève, à mesure que la température s'abaisse, pour compenser le rayonnement ; enfin, elle varie avec l'âge :

| | |
|--------------------------|----------------|
| Au-dessus de 12 ans..... | 2 400 calories |
| De 12 à 9 ans..... | 2 000 — |
| — 7 à 9 —..... | 1 680 — |
| — 5 à 7 —..... | 1 440 — |
| — 3 à 5 —..... | 1 200 — |
| — 2 à 3 —..... | 1 000 — |

Tous ces nombres se rapportent au repos complet, durant lequel, il ne faut pas oublier, l'être vivant effectue quand même les travaux mécaniques indispensables à la vie, rythme respiratoire, contraction du cœur et de l'intestin, etc. Cette consommation d'énergie s'accroît nécessairement quand le sujet effectue un travail mécanique extérieur ; elle atteint 3 000 calories pour un travail léger, 4 500 pour un effort plus épuisant, et peut s'élever jusqu'à 6 000 calories pour le docker, le supplément étant fourni essentiellement par les aliments énergétiques (lipides et glucides).

Ces données déterminent les conditions nécessaires, mais non suffisantes, pour l'établissement de régimes alimentaires appropriés à chaque cas. Mais cela ne suffit pas ; il faut encore s'inquiéter du rôle joué par les infiniment petits biologiques et chimiques.

Les infiniment petits biologiques et chimiques

La science n'a pas eu besoin de nous apprendre que l'eau, les sels calcaires, le chlorure de sodium étaient aussi indispensables à la vie que le pain et la viande ; ils entrent, en effet, dans la composition normale de nos tissus. Mais d'autres éléments, en quantités beaucoup plus faibles, ne sont pas moins indispensables ; le chimiste Gabriel Bertrand a déduit de ses analyses qu'un homme, pesant 100 kg, contient les corps simples suivants (l'oxygène et l'hydrogène se trouvant principalement sous forme d'eau, qui forme 60 % du total) :

| | |
|----------------|--------|
| | kg |
| Oxygène..... | 62,810 |
| Carbone..... | 19,370 |
| Hydrogène..... | 9,310 |

| | |
|----------------|---------------------|
| | kg |
| Azote..... | 5,148 |
| Calcium..... | 1,380 |
| Soufre..... | 0,640 |
| Phosphore..... | 0,630 |
| Sodium..... | 0,260 |
| Potassium..... | 0,220 |
| Chlore..... | 0,180 |
| Magnésium..... | 0,040 soit 1/2 500 |
| Fluor..... | 0,007 soit 1/16 000 |
| Fer..... | 0,005 soit 1/20 000 |

A quoi il convient d'ajouter, comme éléments permanents, quelques décigrammes de zinc, quelques centigrammes de cuivre, un ou deux milligrammes d'iode et de brome, des traces d'aluminium, de plomb, de manganèse, voire même d'arsenic. Très généralement, ces « oligo-éléments » sont contenus, à dose largement suffisante, dans les aliments animaux et végétaux ingérés, si bien qu'il n'y a pas lieu de s'en préoccuper ; il peut arriver, cependant, qu'ils y soient sous forme inassimilable, et leur déficience pourrait alors donner lieu à des maladies de carence, sur lesquelles (en dehors de l'anémie causée par manque de fer) on ne possède que bien peu de renseignements. En revanche, si certains corps, comme le plomb, l'arsenic ou peut-être le cuivre, sont contenus à dose exagérée dans les aliments, ceux-ci deviennent toxiques, et ceci constitue un nouvel aspect, fort intéressant, du problème alimentaire.

La science est mieux renseignée sur le rôle de certains infiniment petits biologiques, qui ont reçu le nom de vitamines. Nous leur avons consacré plusieurs articles dans cette revue (1), et jugeons inutile d'y revenir. Notons, cependant, que le docteur Giroud a fixé comme suit nos besoins quotidiens des principales vitamines :

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| Vitamine A.. | 1 400 à 3 000 unités internationales |
| — C.. | 30 à 70 mg d'acide ascorbique |
| — D.. | 400 à 500 unités internationales |
| — B.. | 300 unités internationales |

Mais nous ignorons les quantités nécessaires des vitamines B² et PP. Au résumé, il faut être pénétré de cette conviction que nous ne savons pas tout ; des théories basées sur une connaissance incomplète des nécessités alimentaires ont conduit trop souvent à instituer des régimes imparfaits. Le peu que nous savons peut cependant nous servir de guide en nous permettant d'éviter de graves erreurs ; mais la variété des produits alimentaires reste le moyen le plus sûr dont nous disposons pour être sûrs de n'omettre aucun élément indispensable.

L. HOULLEVIGUE.

(1) Voir, en particulier, le n° 238, page 259.

A GÉNISSAT VA ÊTRE ÉDIFIÉE LA PLUS PUISSANTE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE FRANCE

Par Charles BRACHET

Le plus grandiose de tous les projets de travaux entrepris en France vient d'entrer dans sa phase d'exécution : il s'agit de l'aménagement du Rhône. Comme tous les fleuves « jeunes », le Rhône a un cours torrentueux et est sujet à de fortes crues. Un barrage, pièce maîtresse de l'ensemble, actuellement en cours de construction à Génissiat, doit régulariser son cours supérieur et fournir une quantité d'énergie immédiatement rémunératrice, qui s'élèvera, lorsque sera franchie la dernière étape de l'installation, au dixième de la production totale d'énergie électrique des centrales françaises. Sa construction, qui présente d'énormes difficultés par suite de la puissance du fleuve à dériver et des conditions géologiques du lit du fleuve, sera achevée en 1943. Le barrage de Génissiat sera complété par la suite par une série de barrages échelonnés tout le long du fleuve, et qui feront de celui-ci une magnifique voie navigable depuis Marseille (reliée au Rhône par le canal du Rove) jusqu'à Lyon et Genève. Les énormes quantités d'énergie produites par ces installations hydroélectriques doivent alimenter le réseau français d'interconnexion à haute tension et susciter l'apparition de nouvelles industries régionales, tandis que l'irrigation permettra la mise en valeur économique de la vallée du Rhône. Ainsi, c'est toute l'économie de la France qui doit profiter de l'aménagement du plus indiscipliné de ses fleuves.

LA France va posséder un barrage de l'ordre de grandeur du *Boulder Dam* (1), et c'est le Rhône qui tiendra le rôle du Colorado. La première phase des travaux vient de toucher à sa fin : quand paraîtront ces lignes, le Rhône se trouvera dérivé, son lit mis à sec, sur 250 m de parcours, à la hauteur du village de Génissiat, près de la frontière suisse. L'étroit canyon va devenir un chantier de déblai ; puis, la construction du barrage et de l'usine se fera, par étapes, sur ledit emplacement. Quand tout sera fini, vers 1943, le Rhône « aménagé » d'autre part, en amont et en aval de Lyon, constituera une splendide voie navigable qui pourra conduire sur le lac Léman, à Genève, des chalands de plusieurs milliers de tonnes venus de Marseille. L'œuvre est, comme on voit, d'envergure. Le barrage de Génissiat en représente le point vital, essentiel, autant par l'énergie motrice qui doit en découler, capable de couvrir le dixième de la consommation électrique française, que par la constitution du plan d'eau amont et la régularisation de celui d'aval, Génissiat étant l'écluse. Nous laissons de côté le point de vue, strictement agricole, de l'irrigation : il suffit de signaler, en passant, son importance économique.

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 199, page 61.

Les raisons qui indiquèrent le site de Génissiat

Le choix de l'emplacement du barrage de Génissiat s'est donc effectué en fonction des considérations qui, d'ordinaire, n'entrent pas dans les calculs de ce genre d'entreprise. Aussi bien la Compagnie Nationale du Rhône compte-t-elle des administrateurs issus des organismes les plus divers auxquels ressortit l'Economie générale du Sud-Est de la France, depuis les Chambres de Commerce et les Chambres d'Agriculture, la Société nationale des Chemins de fer, les principales sociétés électriques, jusqu'au département de la Seine dont les tarifs électriques se trouveront influencés par la nouvelle centrale d'énergie. Cependant, comme ni la navigation ni l'irrigation ne sont des sources de revenus, les conditions qu'ils imposaient à l'ouvrage d'art et au choix de son emplacement devenaient une hypothèque supplémentaire pesant sur le devis hydroélectrique. Et l'on sait combien délicat est, en lui-même, l'arrêté d'un tel devis.

Le Rhône pouvait-il être équipé autre part qu'à Génissiat d'une centrale aussi importante ? Un morcellement des dénivellations du fleuve, en vue de son équipement fractionné, ne pouvait-il être préféré ? Ce

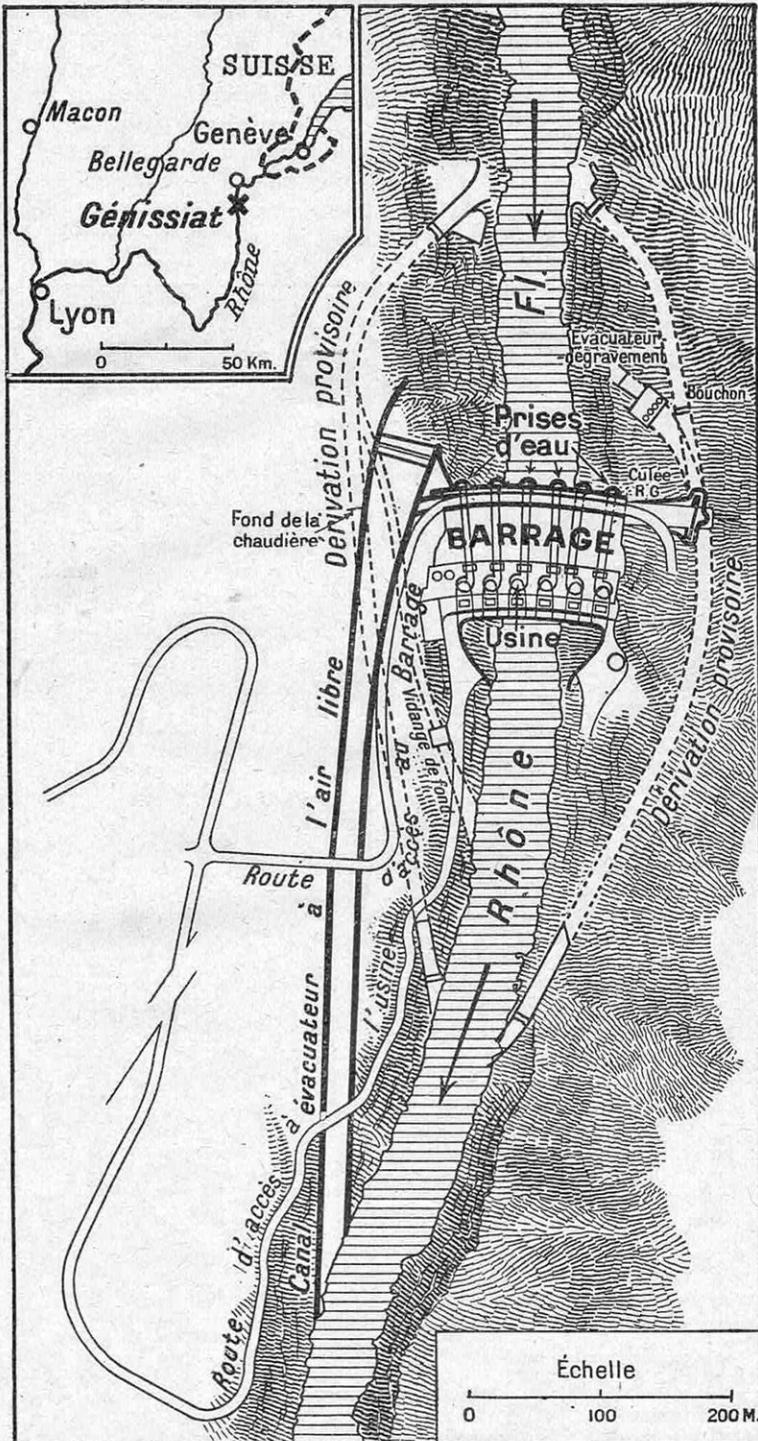


FIG. 1. — PLAN GÉNÉRAL DE L'USINE FUTURE

On remarquera : les six prises d'eau de l'usine, les dérivation provisoires souterraines et leur utilisation future, l'une comme vidangé de fond (rive droite), l'autre comme évacuateur de dégrèvement (rive gauche).

sont les deux alternatives classiques en matière d'équipement hydroélectrique. Elles se présentent, toutes deux, sur le cours du

chant les grandes hauteurs de chute ; la section aval devra table sur les grands débits en multipliant les barrages.

Rhône comme des solutions également bonnes, suivant que l'on prend le fleuve dans la première ou dans la seconde partie de son cours. La « jeunesse » du massif alpestre entraîne en effet cette conséquence que le Rhône est, lui aussi, un fleuve « jeune ». La jeunesse d'un fleuve n'est pas une image poétique : elle se mesure par la courbe du « profil » géographique de son lit. Un « vieux » fleuve est celui dont le lit a atteint ce que les hydrodynamiciens appellent son « profil d'équilibre ». En fonction de la vitesse et du débit de ses eaux d'une part et, d'autre part, en fonction de la dureté des roches rencontrées, le courant finit par se donner, avec le temps, un lit de moindre résistance à l'écoulement : c'est le « profil d'équilibre ». Les fleuves à « estuaires », tels que la Seine, la Loire, l'ont atteint. Le Rhône en est loin. Rapide, à grand débit, il charrie des alluvions énormes arrachées principalement à son lit supérieur, ce qui donne des « gorges » en amont, tandis qu'à son embouchure l'estuaire est remplacé par un delta. Mais sur un parcours aussi long que le sien, le profil d'équilibre peut se trouver atteint, ou tout comme, en aval, tandis que l'amont en demeure éloigné — témoin le canyon de Gêniissiat. Bref, le Rhône est un fleuve *très jeune* entre le lac Léman et l'Isère ; *moins jeune* entre l'Isère et l'Ardèche ; *déjà vieux* au-dessous d'Arles.

La section amont devra donc s'équiper en recher-

La Compagnie Nationale du Rhône trouvait, du reste, ses travaux d'étude préparés par ceux des premiers postulants de concessions. La Compagnie P.-L.-M. avait établi, en 1925, des projets d'ensemble, avec la chute de Donzère-Mondragon, sur le Bas-Rhône. Le prix de revient du kilowatt de puissance normale disponible serait de 1,8 fois plus élevé que le prix du même

siat le double de celle qu'on pouvait espérer à Donzère-Mondragon.

C'est donc par suite d'un véritable théorème que l'équipement hydroélectrique du Rhône, âme de son « aménagement » d'ensemble, a débuté par Génissiat. L'énergie de haute chute et de grande accumulation est utilisée la première comme étant la plus précieuse. L'énergie de basse chute promise

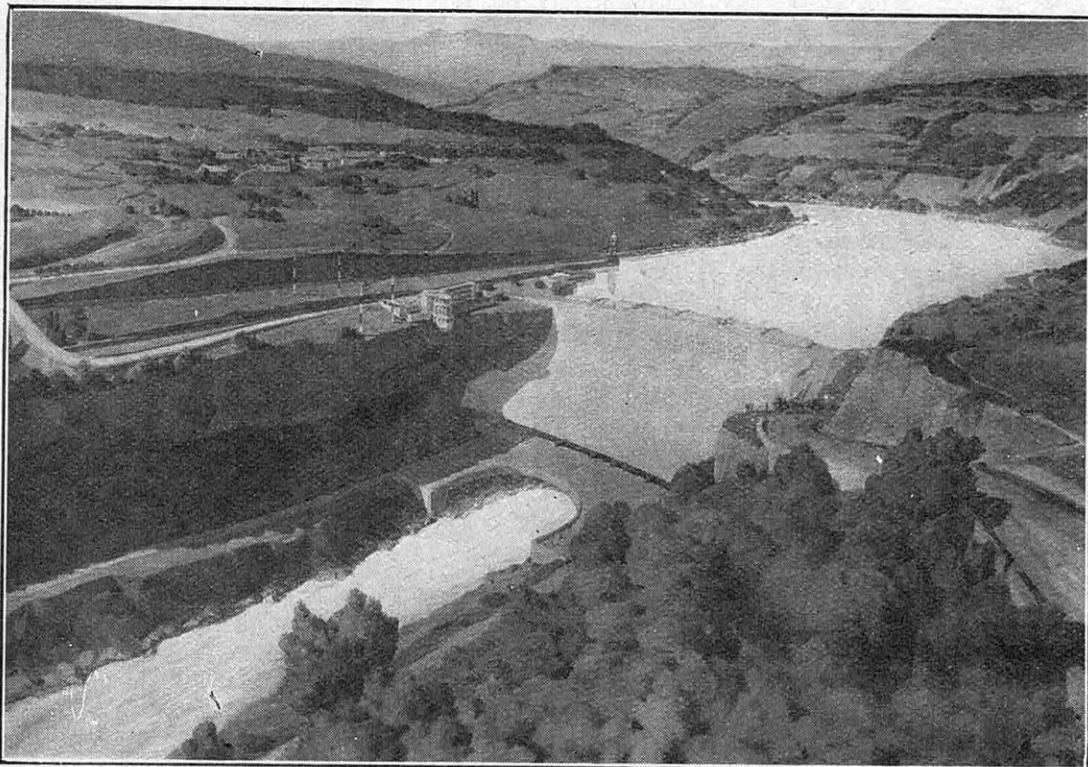


FIG. 2. — LE PAYSAGE FUTUR DE GÉNISSIAT

Cette « vue » à vol d'oiseau représente exactement le nouveau paysage tel qu'il apparaîtra à l'achèvement des travaux. Un « lac » se trouvera créé en amont qui formera le bief navigable du Rhône, jusqu'au delà de la frontière suisse. Le barrage (comme en témoigne l'ombre portée ménagée, à gauche, par le dessinateur) se profile suivant une courbe destinée à protéger contre les bombardements possibles l'usine insérée à l'intérieur de sa masse. En se référant au plan figure 1, le lecteur retrouvera aisément sur cette vue les différentes artères (route, canaux, souterrains) qui assurent la vie de l'organisme.

kilowatt obtenu à Génissiat. D'autre part, l'accumulation d'énergie hydraulique dans l'immense réserve de Génissiat confère à la production de l'électricité, sur ce barrage, une souplesse qui permet d'adapter le courant aux graphiques de la consommation. A Donzère-Mondragon, pas de réserve hydraulique ; l'électricité est produite, comme on dit, « au fil de l'eau ». Donc elle a moins de valeur marchande, de par le décalage inévitable entre l'offre et la demande aux heures de creux et de pointe. Il découlait déjà de ces premiers projets du P.-L.-M. que la rentabilité des travaux serait à Génis-

en aval fera son apparition plus tard, quand l'heure sera venue — Génissiat jouant, alors, un rôle, supplémentaire, de régulateur.

Le choix calculé du « type » de barrage

La décision prise n'a pas été sans s'étayer, du reste, sur des contrôles de détail très minutieux portant sur la région des gorges, depuis Génissiat jusqu'à Bellegarde et au delà. Ici, les études multiples précédemment effectuées par les aspirants concessionnaires s'avaient constituer « plutôt une difficulté qu'une aide », suivant l'expression des directeurs, général et technique, de la C. N. R.,

MM. Aubert et Delattre. En effet, la comparaison, en valeur, des précédents projets s'imposait, mais elle exigeait une revision très serrée des données hydrologiques et géologiques leur servant de base.

La compagnie a donc fait établir une carte au 1/1 000^e de la région des gorges. Des stations de jaugeage avec enregistreurs graphiques des niveaux du fleuve ont précisé les statistiques anciennes des Ponts et Chaussées, quant au débit moyen du fleuve et à son étiage. Et puis, c'est l'étude géologique des sites envisagés pour le barrage qui prima, car les données géologiques commandent, évidemment, le prix de revient

de la construction. Les trois sites examinés furent : Grésin, Bellegarde et Génissiat. Ces études physiques ont confirmé les conclusions économiques qui désignaient Génissiat.

Nous avons déjà étudié ici avec détails les répercussions de la nature des roches sur la solidité du barrage dont elles soutiennent les fondations (1) : leur densité, leur « gélivité » — c'est-à-dire leur état colloïdal, dont l'action est d'ordre séculaire, ainsi qu'il a été vérifié à Grosbois — leur résistance, leur perméabilité, sont autant de facteurs à mettre en évidence à l'occasion de chaque sondage.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 197, page 357.

Ces facteurs étant connus pour le site de Génissiat, ils autorisaient le choix entre les trois types de barrages classiques : le « barrage-voûte » plus ou moins cintré, le « barrage-gravité » et le « barrage évidé », c'est-à-dire la variante du précédent, dans laquelle le poids du mur est allégé grâce à un évidement intérieur judicieux (procédé utilisé à Dixence en Suisse). C'est le « barrage-gravité » classique,

massif, qui a été adopté autant pour des motifs de sécurité que d'économie. On mesure aisément la responsabilité encourue par les techniciens, dans le calcul de la sécurité, en l'espèce : une rupture du barrage projeté

équivaldrait à une crue subite du Rhône, qui submergerait brusquement les berges aval. La résistance intrinsèque à la poussée hydraulique devait être également envisagée du point de vue d'une attaque aérienne.

Ces considérations réunies ont conduit les ingénieurs à choisir un projet d'une grande cohérence : l'usine est pour ainsi dire insérée dans le barrage lui-même, plus exactement parallèlement à son pied. La masse bétonnée du barrage proprement dit déborde en forme de toit protecteur — savamment profilé, en vue de la déflexion des bombes aériennes les plus puissantes.

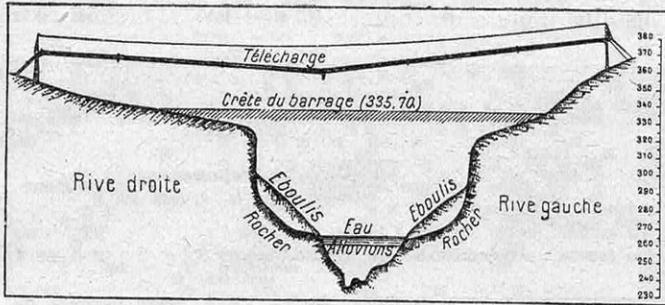


FIG. 3. — COUPE TRANSVERSALE DU SITE DE GÉNISSIAT
Elle montre les profils du lit rocheux, du lit alluvionnaire et des éboulis, qui sont les premiers facteurs naturels dont les ingénieurs ont eu à traiter pour établir leur devis.

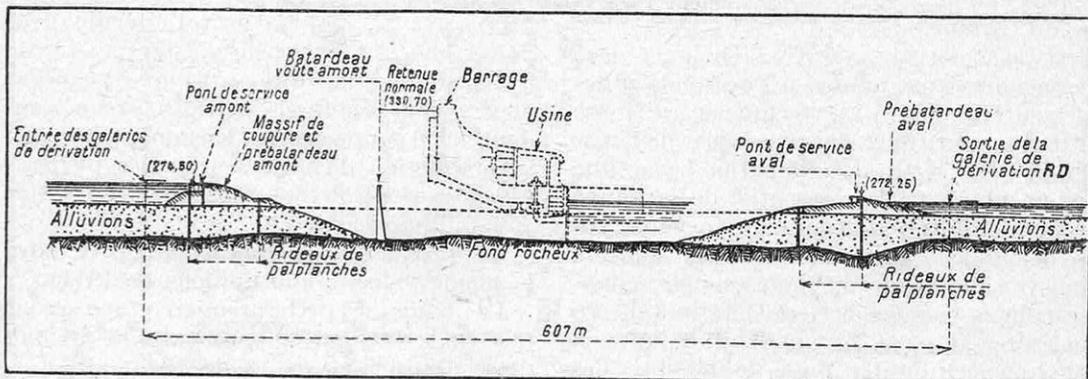


FIG. 4. — COUPE LONGITUDINALE DU SITE DE GÉNISSIAT

De gauche (amont du fleuve) à droite (aval) on peut suivre les traces des différents ouvrages d'art qui sont mentionnés dans le texte. On notera les deux « coupures » préliminaires du fleuve, avec les rideaux de palplanches établis sur le même plan que les ponts de service, à l'amont et à l'aval du barrage, au tablier desquels ils s'appuieront. Le futur barrage-usine est dessiné ici en pointillé.

En admettant une « mise au but » parfaite — malchance comportant heureusement de fortes improbabilités — l'explosion aurait à percer 3 mètres de béton pour toucher un point sensible de la centrale.

L'équipement progressif de la chute

Dans une telle entreprise, il est évident que la chute d'eau étant obtenue, son équipement électrique ne saurait être mis en marche ni même installé d'un seul coup.

Quelle baguette magique serait assez puissante pour assurer à un million de kilowatts leur écoulement subit, dans le circuit économique de la nation ? Il faut donc « offrir », par étapes, cette puissance aux consommateurs qui sont, la plupart, « à créer ».

Cet aspect du problème a été résolu, en Amérique, au Boulder Dam, par l'édification successive de deux « demi-usines » riverraines, situées de part et d'autre du barrage.

C'est la solution « en U ». Dans ce cas, l'espace n'est pas mesuré à l'installation des turboalternateurs. Le technicien a toute latitude pour fixer la puissance des machines. Et cette détermination constitue justement un facteur essentiel de la bonne production future du courant en accord avec la demande consommatrice. La solution transversale, beaucoup moins souple, adoptée pour le barrage de Génissiat, limitait, au contraire, l'espace disponible. Il fallait, en conséquence, limiter aussi le nombre des groupes générateurs. En aucun cas, ce nombre ne pouvait être supérieur à six. C'est peu pour étager la production sur les trois étapes prévues, c'est-à-dire : 1° 260 000 kW ; 2° 426 000 kW ; 3° 500 000 kW.

Voici comment est prévu cet équipement progressif.

La « première usine » comportera 4 groupes de 65 000 kW chacun.

La « seconde usine » sera établie en ajoutant aux 4 groupes précédents 2 groupes de 83 000 kW.

La « troisième usine » s'établira en remplaçant graduellement les 4 groupes primitifs de 65 000 kW par des groupes de 83 000 kW. Lorsque ce remplacement sera

terminé, l'usine sera définitive et la centrale aura bien la puissance prévue du demi-million de kW.

À la première étape correspondra une production annuelle d'environ 1 milliard et demi de kWh qui pourra monter à 1 milliard 800 millions.

On conçoit l'importance que doit prendre le fonctionnement en première étape pour organiser l'exploitation rationnelle. Les études hydrologiques montrent que

l'énergie produite pendant une durée journalière de 8 heures (énergie dite « d'heures pleines ») pourra être stabilisée au taux prévu pendant 2 900 heures par an. En année moyenne, la production d'énergie « d'heures pleines » s'élèvera donc à $(2\,900 \times 260\,000 \text{ kW})$ soit 750 millions de kWh.

La production complémentaire atteindra la même valeur : 750 millions de kWh.

Les 4 groupes de la première étape seront mis en service successivement ; le premier devra tourner au début de 1943.

La dérivation du Rhône en fonction des débits de crue

La construction d'un tel ouvrage exige comme premier travail — celui qui vient

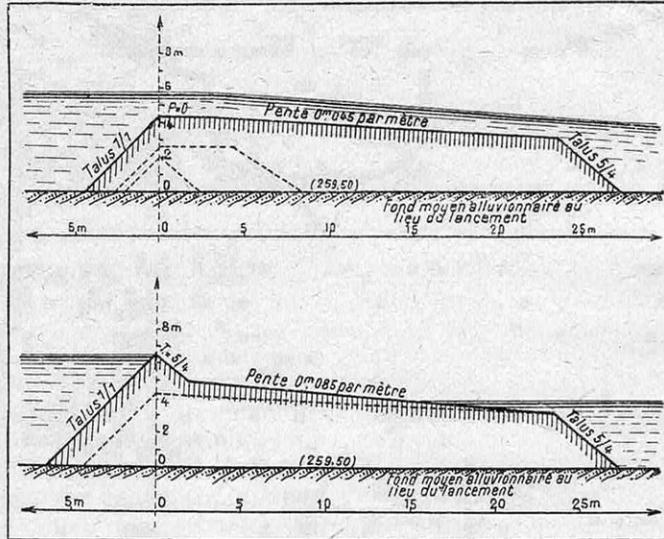


FIG. 5. — LES PHASES DE LA « COUPURE » DU FLEUVE, SUIVANT L'APPLICATION DU SYSTÈME ISBACH

En haut : on aperçoit en pointillés les profils successifs de l'enrochement méthodique. D'abord un premier prisme dont le profil triangulaire cède la place à un second profil trapézoïdal puis au profil de point de « résistance minimum » à l'écoulement des eaux. Les tunnels de dérivation ont, dès cet instant, amorcé leur fonction. — En bas : le profil définitif est enfin bloqué par un dernier enrochement qui arrête le courant et le dérive totalement sur les tunnels latéraux.

d'être achevé — la dérivation du fleuve.

Le Rhône coule au fond d'un cañon abrupt. Sa dérivation ne peut donc s'effectuer que par souterrains. On en a construit deux, un sur chaque rive. C'est un problème très délicat que de calculer la forme et la section de ces galeries, qui doivent être capables d'écouler *normalement* (c'est-à-dire sans « mise en charge » par surélévation du niveau d'eau amont) 1 300 m³ d'eau par seconde : ce débit n'est dépassé, en moyenne,

que le régime d'écoulement est « torrentiel ».

Le prix d'exécution d'un tunnel est évidemment fonction de sa section. Le tunnel le plus économique sera donc celui dans lequel l'écoulement sera le plus rapide. La vitesse critique doit, en conséquence, être franchie si c'est possible. Ce ne l'est que si l'on dispose d'une dénivellation suffisante : ici, 6 mètres. Tels sont les facteurs dont la mise en équation a permis de déterminer les meilleures formes à donner aux entrées,



FIG. 6. — LE « PONT DE SERVICE » AMONT AVANT LE DÉBUT DES TRAVAUX DE COUPURE
On a encombré le fleuve de « tétraèdres » métalliques. Ces formes géométriques s'accrochent entre elles ou, encore, aux aspérités du lit, sans trop gêner l'écoulement. Là-dessus, on pourra commencer la déjection des premiers matériaux qui assureront la coupure du fleuve.

que tous les cinq ans. On a donc couru délibérément le risque d'une inondation du chantier — plus économique que l'élargissement du devis d'évacuation.

Le parcours à couvrir par les tunnels est d'environ 600 m. La différence de niveau, de 6 m. Cette dénivellation est bien peu de chose pour assurer le débit prévu.

On a longuement étudié sur des modèles réduits aux échelles de 1/100 et 1/40 le problème hydraulique ainsi posé.

Si l'on rétrécit un tunnel d'évacuation *au débit fixé d'avance*, il faut accroître la vitesse d'écoulement. Mais la vitesse d'un fluide dans un canal comporte une valeur « critique » (1) au-dessus de laquelle on dit

aux courbes et à toutes les sections de raccordement. La vitesse atteinte par l'eau dans les tunnels de dérivation est de 11 m/s. C'est un mode d'écoulement *torrentiel*.

Mais le régime du Rhône est « fluvial » — autrement dit, il ne dépasse pas la vitesse critique. Il faut donc que les tunnels, à régime torrentiel, restituent l'eau, en aval, à un régime fluvial. Ce retour au régime fluvial se produit à la sortie des souterrains par un « ressaut ». Imaginons que, par suite d'une crue, le débit normal du souterrain soit dépassé, le ressaut remonte dans le souterrain. Cela équivaut à une « mise en charge par l'aval » dudit souterrain. Progressant sans à-coup, cette mise en charge assure l'écoulement à vitesse accrue : c'est ainsi

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 341.

que, sous un niveau amont de 275,5 m, les souterrains en charge débiteront 1 500 m³/s.

Si la crue dépassait le niveau en question, le chantier serait inondé. C'est prévu. La protection du chantier contre une crue aléatoire de 2 000 m³/s n'eût pas été économique.

Le problème difficile de la « coupure » du fleuve

Les tunnels étant calculés, il faut envisager la « coupure » du fleuve par un batar-

rendre compte que la méthode ci-dessus, classique pour un fleuve à large lit, est à peu près impraticable sur le Rhône au débit ultra-concentré. Circonstance aggravante, le lit du fleuve est alluvionnaire, donc très facilement affouillable par le courant ; dès que celui-ci serait contrarié par les matériaux déversés, il éroderait ses propres alluvions profondes, jusqu'ici en équilibre. Il ne faut donc pas que le travail de coupure détruise cet équilibre.

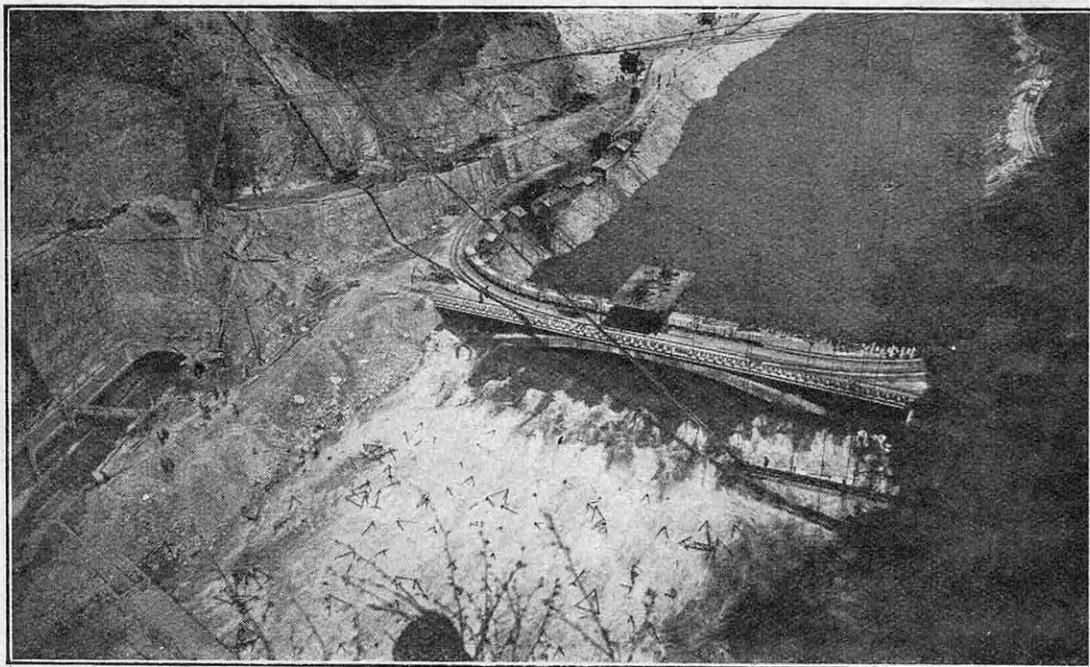


FIG. 7. — VUE, PRISE D'AVION, DES TRAVAUX DE COUPURE AMONT

Le pont de service est parcouru par des voies ferrées qui déversent les matériaux dans le fleuve par trains entiers sur le lit encombré au préalable de ferraille, comme le montre la photographie figure 6. Les téléferiques sont en place qui, d'abord, contribueront au déversement des matériaux de coupure et puis à l'enlèvement des déblais. A gauche, l'entrée d'un tunnel de dérivation provisoire.

deau provisoire qui déviara le courant vers les tunnels préparés.

D'ordinaire, pour couper un fleuve, on cherche à le gagner de vitesse, en le « surprenant » au moment de son étiage. On submerge alors son lit avec plus de matériaux que le courant n'en peut emporter. Une avalanche de blocs pesant de 3 à 5 tonnes y suffit, à condition d'aller très vite, car toute érosion du massif de coupure qui n'est pas immédiatement colmatée se propage rapidement. Ce serait un travail de Sisyphe, sans issue, que de déverser lentement les matériaux de la coupure. Le fleuve les emporterait au fur et à mesure de leur immersion.

Il suffit de considérer la coupe du cañon, au niveau du barrage de Génissiat, pour se

A propos des barrages en enrochements de Nivastroï et de Svirstroï, l'ingénieur russe Isbach a mis sur pied une méthode qui pare justement aux inconvénients que nous venons de signaler. Isbach établit des enrochements *constamment stables sous le courant*. Il les accroît donc en prenant tout le temps nécessaire, puisque l'érosion est, dans ces conditions, insignifiante.

La méthode d'Isbach est fondée, d'une part, sur le développement rationnel du profil du massif de coupure par les déversements de roches et, d'autre part, sur le « grain » des roches en question. L'étude sur modèle réduit s'impose. La C. N. R. a donc fait des essais aux échelles du 1/10, du 1/20, du 1/40, analogues à ceux qu'avait réalisés

Isbach sur les maquettes de la Niva et de la Svir. Les résultats obtenus pour Génissiat ont été les suivants. Si la granulométrie des matériaux est homogène et si l'on déverse ces matériaux uniformément sur toute la largeur du profil, *en travers du lit*, on réalise assez vite un « massif d'équilibre » suffisam-

ment où l'élévation du massif est suffisante pour que la dérivation du courant s'amorce sur les tunnels. A ce moment, il n'est plus que de surélever encore un peu le talus immergé pour achever la coupure. C'est le dernier stade de l'opération (fig. 5).

Les pierres utilisées pour ce travail à Génissiat variaient

entre 20 et 160 kg, suivant la tranche du massif à laquelle on les destinait. On a déversé 30 000 m³ de ces pierres, pour obtenir la coupure complète sous un débit de 300 m³/s, un seul souterrain étant suffisant, dans ce cas.

Un demi-million de mètres cubes de déblais à extraire d'une « gorge »

Une gorge n'est pas précisément l'aire idéale pour un chantier. A l'aval de Génissiat, le cañon du Rhône se prolonge trop loin et sur une largeur trop faible pour que l'on pût songer à transporter les déblais de ce côté, logiquement indiqué. Il fallait monter ces déblais sur le plateau. Quatre transporteurs aériens établis dans ce but équipent la rive gau-

che : deux surplombent la tête amont et deux la tête aval du souterrain. La rive droite a été aménagée en un plan incliné muni de deux voies ferrées desservant la tête amont du souterrain de cette rive. Quant à la tête aval, c'est une route taillée dans la falaise qui la dessert.

La coupure du fleuve est nécessairement double, puisque les alluvions du lit profond doivent être déblayées jusqu'au roc sous-

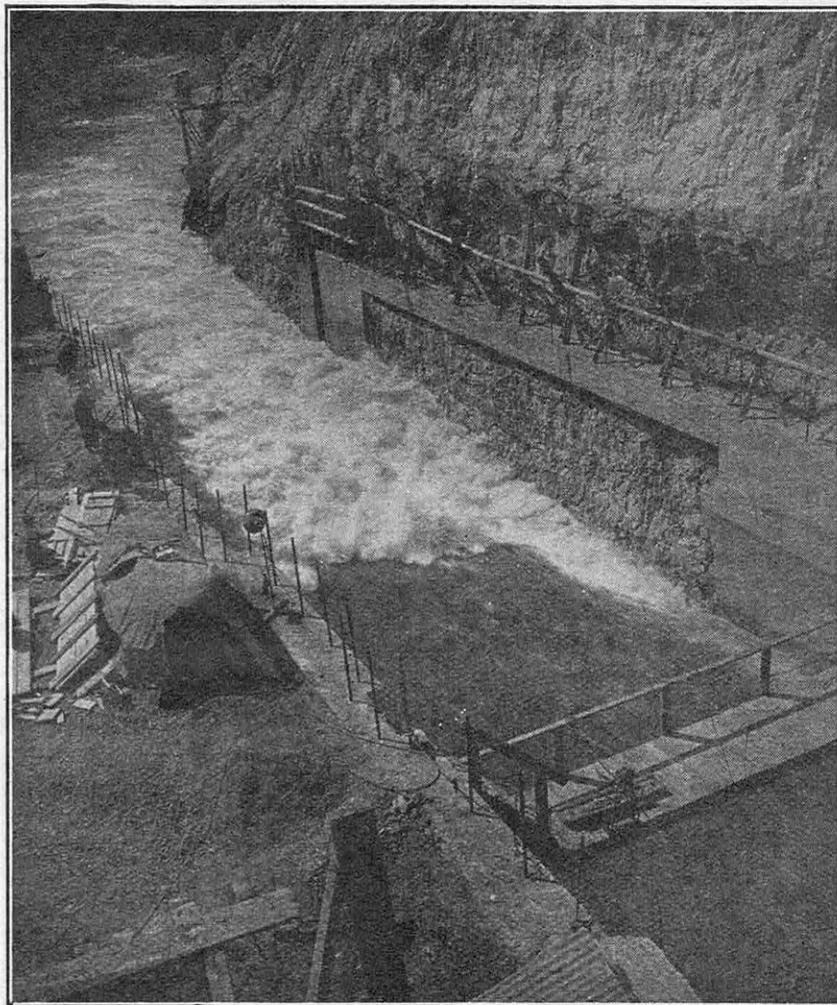


FIG. 8. — LE « RESSAUT » DU COURANT DE DÉRIVATION A LA SORTIE DU TUNNEL DE LA RIVE DROITE

Le ressaut (dont la fonction est notée dans le texte) marque la transformation du débit torrentiel (tunnel) en débit fluvial (partie aval du Rhône).

ment stable sous le courant. Les formes successives d'un tel massif sont celles de la figure 5.

Le massif présente une face supérieure de pente *plus grande* que la pente normale du fond alluvionnaire. Il s'établit donc, sur cette face, un courant à grande vitesse : la pente est telle que la résistance des matériaux imbriqués reste supérieure à la force d'entraînement du courant. Vient un mo-

jaçant en vue de fonder le barrage. La coupure amont, celle qui détourne le fleuve, était la plus délicate à établir. On a établi un « pont de service » (70 m de portée) dont les culées et le tablier sont assez puissamment établis pour supporter l'effort des palanques qui, foncées dans le lit, s'appuient sur le pont et constituent de la sorte le premier batardeau, à l'abri duquel les travaux d'affouillement sont effectués — seconde phase de l'entreprise.

Un second pont de service, analogue au précédent, est établi au niveau de la coupure aval. Ces ponts supportent deux voies ferrées qui permettent de déverser les enrochements par trains entiers.

Les deux batardeaux sommaires établis de cette façon vont être, maintenant, consolidés et aussitôt entreront en action les machines d'extraction : scrapers, pelles, transporteurs, camions transformeront la gorge en une ruhe dont l'activité ne cessera plus jusqu'à ce que le fond du cañon rocheux soit atteint auprès du batardeau amont. A ce moment, on entreprendra, à cet emplacement, la construction d'un petit « barrage-voûte » en béton de 40 m de hauteur. Cette voûte sera indestructible par les crues, quelle qu'en soit l'importance. Et ce sera là l'ouvrage de sécurité à l'abri duquel, sur 250 m, le roc de fondation sera mis à jour.

Deux canaux évacuateurs de crue, ou-

vrages définitifs destinés à normaliser, plus tard, le niveau du barrage en service, seront établis, un sur chaque rive. Celui de la rive droite sera fourni par un canal à l'air libre, obturé à l'amont par des hausses mobiles. Celui de la rive gauche, souterrain, aura son seuil à 36 m sous le plan d'eau du barrage. Cet ouvrage utilisera le tunnel de dérivation provisoire. Ses quatre vannes de 8 m × 3 m permettront d'abaisser de 25 m le plan d'eau de la retenue. Cette mesure sera nécessaire chaque fois qu'il s'agira de dégraver le lac de Génissiat. De plus, si le barrage venait à être blessé (en cas de guerre, par exemple), l'abaissement du plan d'eau détournerait la menace d'inondation brusque qui, sans cela, pèserait sur toute la vallée du Rhône.

Les évacuateurs de crue auront une capacité de 4 300 m³/s, soit plus du double de la plus forte crue connue depuis trois siècles. Avec les autres possibilités d'évacuation de l'usine (vidanges de fond, conduites des turbines) ce sont 6 000 m³ par seconde qui pourraient être évacués. Mais avec un régulateur de crues aussi vaste que le lac Léman, situé à 50 kilomètres seulement en amont, la sécurité ainsi établie dépasse tout ce que peut exiger l'esprit le plus craintif.

En résumé, les aléas de l'opération entreprise à Génissiat se bornent à la période actuelle des travaux. Or, sa phase critique est désormais franchie. CH. BRACHET.

Une statistique récente a montré qu'il y avait actuellement en service aux États-Unis 12 millions d'aspirateurs de poussière, 11 millions de pendules électriques, 22 millions de fers à repasser, 12 millions d'armoires frigorifiques, 13 millions de grille-pain, 14 millions de machines à laver le linge, sans compter les radiateurs, appareils de chauffage, coussins chauffants, réchauds électriques, machines à repasser, cafetières et cuisinières électriques. L'importance numérique de la population américaine autorise la fabrication en très grande série et par suite favorise l'abaissement du prix de revient, comme nous l'avons montré récemment pour l'automobile (1). De 1925 à 1936, le prix de vente au consommateur d'une armoire frigorifique a pu être ramené de 435 à 166 dollars, soit un prix actuel de quelque 6 200 f. Parallèlement, les recherches relatives à l'amélioration du rendement de ces appareils ont permis de réduire leur consommation annuelle d'énergie électrique de 822 kWh en 1927 à 480 kWh en 1935. Remarquons d'ailleurs que l'effort de propagande des constructeurs américains, qui s'était porté ces dernières années sur les armoires frigorifiques, change actuellement d'objet. Les experts ont remarqué, en effet, que le pourcentage de saturation de la clientèle américaine dépassait 50 % pour cette catégorie d'appareils domestiques, de même que pour les machines à laver, et ils estiment que dans ces conditions le placement de nouveaux appareils est devenu très difficile. Au contraire, le pourcentage de saturation pour les cuisinières électriques n'atteint pas encore 10 %, ce qui ouvre d'excellentes perspectives d'avenir à l'industrie américaine des appareils électrodomestiques.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 264, page 495.

UN NOUVEAU TEXTILE : LA FIBRE DE VERRE, ISOLANT THERMIQUE, ACOUSTIQUE ET ÉLECTRIQUE

Par André GUILLAUMIN

INGÉNIEUR CHIMISTE

La technique de la fabrication du verre, sortie de l'empirisme à une date relativement récente, a multiplié, depuis quelques années, les variétés scientifiquement composées et étudiées en vue d'emplois spécifiquement déterminés. C'est ainsi qu'on a vu naître les verres spéciaux pour l'optique, le verre trempé, le verre armé, le verre mousse, etc. On sait aujourd'hui mettre à profit une autre de ses propriétés : sa faculté d'être étiré en fils extrêmement fins, jusqu'à quelques microns (millièmes de millimètre). Ces fibres minérales, susceptibles d'être tissées et surtout de former un feutre très léger, inaltérable et résistant aux températures élevées, trouvent aujourd'hui de très nombreuses applications dans la technique moderne de l'isolation sous ses trois aspects : thermique, acoustique et électrique.

LORSQUE l'homme s'avisa de produire un textile artificiel (il s'agissait, bien entendu, d'imiter le plus précieux des textiles naturels : la soie), il connaissait deux matières peu coûteuses et susceptibles d'être étirées en fils fins et brillants : le sucre et le verre. Le sucre étant, évidemment, éliminé *de plano*, il n'est pas surprenant que les efforts des chercheurs se soient portés à plusieurs reprises sur le verre : il en est notamment fait mention dans les œuvres de Réaumur (1734) ; en 1850, Bronfaut réussit à mouliner des fils de verre étiré, dont il fit des tissus ; le Mobilier National a conservé, dans son musée, de beaux spécimens de brochés dont le « façonné » est réalisé avec des fils de verre ; en Vénétie, on emploie encore de tels filaments pour certains ouvrages de passementerie spéciaux, mais, dans l'ensemble, tous les essais relatifs à la fabrication de tissus de verre ont lamentablement échoué : l'étirage coûtait cher ; la souplesse des fils était insuffisante et diminuait encore avec le temps, par suite de ces changements de structure que ne connaissent que trop les verriers ; les tissus ainsi obtenus avaient un toucher rêche et irritaient la peau. Bref, le problème arriva, comme nous avons eu l'occasion de le signaler (1), à rebuter les inventeurs, qui reportèrent leur activité sur les matières organiques, et notamment sur les dérivés de la cellulose, avec, cette fois, un plein succès : la soie artificielle

était née, la fibre de verre était morte.

Aujourd'hui, la fibre de verre ressuscite, mais, à vrai dire, sous une tout autre forme, car il s'agit moins de tissus proprement dits, utilisables pour le vêtement ou l'ameublement (1), que de sortes de feutres, de matelas, etc., destinés à l'isolation.

Les méthodes modernes d'obtention des laines et soies de verre

Remarquons tout d'abord qu'il ne peut être question, dans une fabrication industrielle, de tirer le fil d'une baguette ramollie par chauffage. Toutes les méthodes modernes partent d'un *bain de verre en fusion* ; la matière s'écoule, soit par son seul poids, soit sous pression, à travers un ou plusieurs orifices plus ou moins étroits, mais toujours de calibre nettement supérieur au diamètre du fil terminé ; ce dernier est amené à ses dimensions finales par *centrifugation*, par *étirage*, ou par *soufflage*.

La *centrifugation* ne s'opère pas, contrairement à ce que l'on pourrait croire, dans une sorte de panier d'essoreuse ou « turbine » analogue à ces appareils qui donnent le sucre filé et que chacun de nous a pu voir fonctionner dans les baraques foraines : c'est d'ailleurs regrettable, car un tel procédé serait, par sa nature même, apte à une repro-

(1) Sans insister ici sur cet aspect de la question, disons que l'impossibilité pratique où l'on est de teindre les fils ou de filer du verre coloré de façon satisfaisante (du verre déjà fortement coloré dans la masse fournit des fils qui paraissent blancs) constitue le grand obstacle à ces applications.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 481.

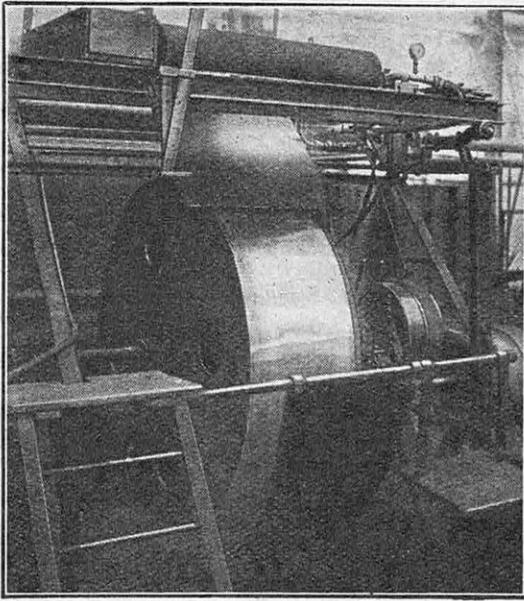


FIG. 1. — FABRICATION DE LA SOIE DE VERRE

On voit, en haut, le bac allongé contenant le verre fondu, qui s'écoule en minces filets s'enroulant sur le tambour tournant à grande vitesse. Une plaque de tôle rectangulaire protège les fils contre les courants d'air, et forme en même temps écran contre la radiation calorifique qui pourrait provoquer le collage des fils déjà enroulés.

duction massive, donc économique ; la difficulté est évidemment la réalisation d'un panier perforé de trous suffisamment fins, résistant à la température élevée du verre fondu, et en même temps assez léger et bien équilibré pour tourner à grande vitesse ; pour le moment, on doit donc se contenter de laisser couler le verre fondu sur un disque en porcelaine réfractaire animé d'une vitesse de rotation élevée (4 000 tours par minute) ; les brins ainsi obtenus sont assez fins (on peut descendre jusqu'à quelques microns), et la production est élevée : une dizaine de kilogrammes à l'heure pour des fils de 10 microns, cinq ou six fois plus pour des fils trois ou quatre fois plus gros ; ce procédé est surtout utilisé en Allemagne.

L'étirage, ou filage proprement dit, est réservé à la fabrication des produits les plus beaux, ou *soie de verre*, obtenus à partir d'un borosilicate de composition spéciale, très dur, à haut point de fusion, maintenu à l'état liquide dans un bac allongé, chauffé au mazout, que l'on voit en haut de la figure 1 ; ce bac est percé, à sa partie inférieure, d'une rangée de trous très fins, d'où le verre s'écoule, se refroidissant assez rapidement et formant ainsi des filaments qui sont enroulés sur un grand

tambour, tournant à une vitesse telle qu'il se produise un étirage suffisant. Pour amener une répartition régulière sur toute la surface du tambour, le bac supérieur est animé d'un mouvement de va-et-vient longitudinal, d'une amplitude d'une dizaine de centimètres, à vitesse assez lente (environ 30 allers et retours à l'heure). On obtient ainsi, à la périphérie du tambour, une nappe de fils sensiblement parallèles, d'un diamètre unitaire de 15 à 20 microns ; cette nappe est ensuite coupée suivant une génératrice, ce qui donne une sorte de matelas dont les dimensions approximatives sont de $300 \times 100 \times 6$ cm, avec une densité *apparente* de 0,16, soit donc un poids d'un peu moins de 30 kg ; c'est la production quotidienne d'une machine, production dont l'augmentation permettra certainement, dans les années à venir, un appréciable abaissement du prix de revient. La densité *réelle* du verre employé étant de 2,8, il est facile de calculer que ce matelas comporte une longueur de fil qui ferait très largement le tour de la Terre !

Le *soufflage*, procédé bien différent du précédent, consiste essentiellement à diriger, sur des larmes de verre s'écoulant d'une filière, un violent jet de vapeur surchauffée qui les divise en fibres extrêmement ténues (leur diamètre, 7 à 10 microns, n'est guère

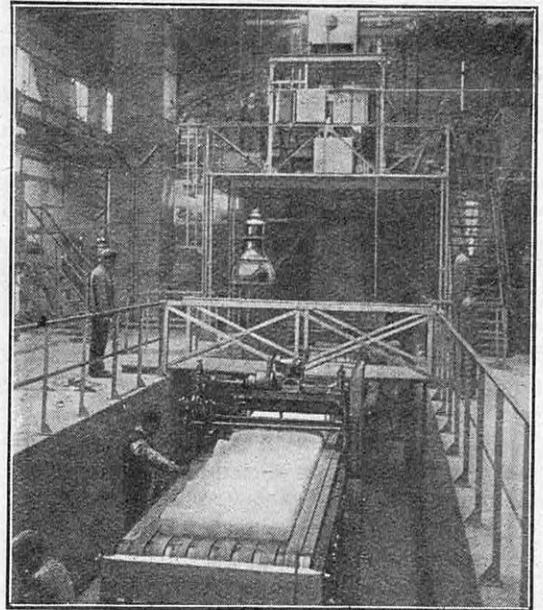


FIG. 2. — ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION DE FABRICATION DE LAINE DE VERRE

La filière est située à l'arrière, dans une sorte de coffre où arrive un jet de vapeur surchauffée à haute pression. Les filaments ainsi formés se rassemblent sur un tapis roulant.

que le double de celui de la soie de cocon), en brins relativement très courts (environ 10 à 20 cm) ; ces fibres se déposent sur un tapis roulant (fig. 2) situé sous la filière, et la variation de vitesse de ce tapis permet de régler l'épaisseur du matelas de laine entre 15 et 100 mm ; l'espèce de feutre ainsi obtenu est très léger (densité apparente 0,025 à 0,050) et parfaitement homogène ; il est utilisé tel quel pour l'isolation thermique, tandis que la soie de verre dont nous parlions plus haut doit, au sortir des machines, être divisée, pour cet usage, en nappes minces, que l'on superpose ensuite de façon à réaliser un matelas emprisonnant une quantité d'air plus considérable, et par conséquent de densité apparente plus faible.

Les produits ainsi obtenus, soie ou laine de verre (1), présentent un aspect et un toucher assez voisins de ceux des textiles naturels correspondants (fig. 3).



FIG. 3. — CONTROLE ET CLASSEMENT DE LA SOIE DE VERRE

Un profane ne serait-il pas tenté de croire que cette vue est prise dans une filature de vraie soie ? Remarquer que les ouvrières ne portent ni gants, ni masques. Les produits actuels sont, en effet, absolument inoffensifs pour la peau et les voies respiratoires.

L'isolation thermique

Il saute aux yeux qu'une chaudière ou une tuyauterie de vapeur non calorifugée constitue un non-sens du point de vue économique, mais il n'est peut-être pas inutile de donner, à ce propos, quelques précisions : disons donc, sans entrer dans le détail du calcul, qu'une canalisation de 100 m de

(1) Les indications qui précèdent concernent plus particulièrement les procédés de fabrication mis en œuvre, en France, par la « Société Isover » et par la Manufacture de Glaces de Saint-Gobain ; à l'étranger, on utilise parfois des techniques légèrement différentes, comportant notamment l'emploi d'air comprimé au lieu et place de vapeur surchauffée, le passage des brins dans un brouillard d'huile destiné à leur donner un toucher plus agréable, etc.

longueur, 200 mm de diamètre extérieur, parcourue par de la vapeur à 220° et comportant — ce qui est assez normal — 20 joints à brides et 2 vannes, cause, en l'absence de calorifuge, une perte de 170 000 calories par heure, soit près de 250 f par jour ; un revêtement convenable permet de ramener cette perte à 50 f au maximum.

Il faut donc calorifuger, mais comment ? La déperdition par rayonnement étant ici

négligeable, restent la conductibilité et la convection ; *contre les pertes par conductibilité, la meilleure matière isolante est tout simplement l'air* ; ce serait parfait pour les usagers, et bien triste pour les fabricants de calorifuges, s'il ne fallait ajouter : l'air immobile, ou, plutôt, immobilisé, sous peine de voir croître les pertes par convection, c'est-à-dire par la chaleur que transportent les courants d'air ; nous comprenons donc ce que doit être essentiellement un

isolant thermique : une masse d'un corps quelconque divisé de façon à emprisonner la plus grande quantité possible d'air (c'est pourquoi les bons calorifuges ont une densité apparente très faible) répartie en couches minces, ou en bulles fines, de façon à réduire au minimum les phénomènes de convection. Et nous disons bien d'un corps quelconque, car la nature même de l'« emballage » de l'air joue un rôle tout à fait secondaire.

Toutefois, il est évident que, si la substance est par elle-même isolante, comme l'est le verre, cela ne peut pas nuire, mais cette qualité est ici tout à fait secondaire ; ce qui fait l'intérêt de la soie ou de la laine de verre, c'est que cet isolant assure un

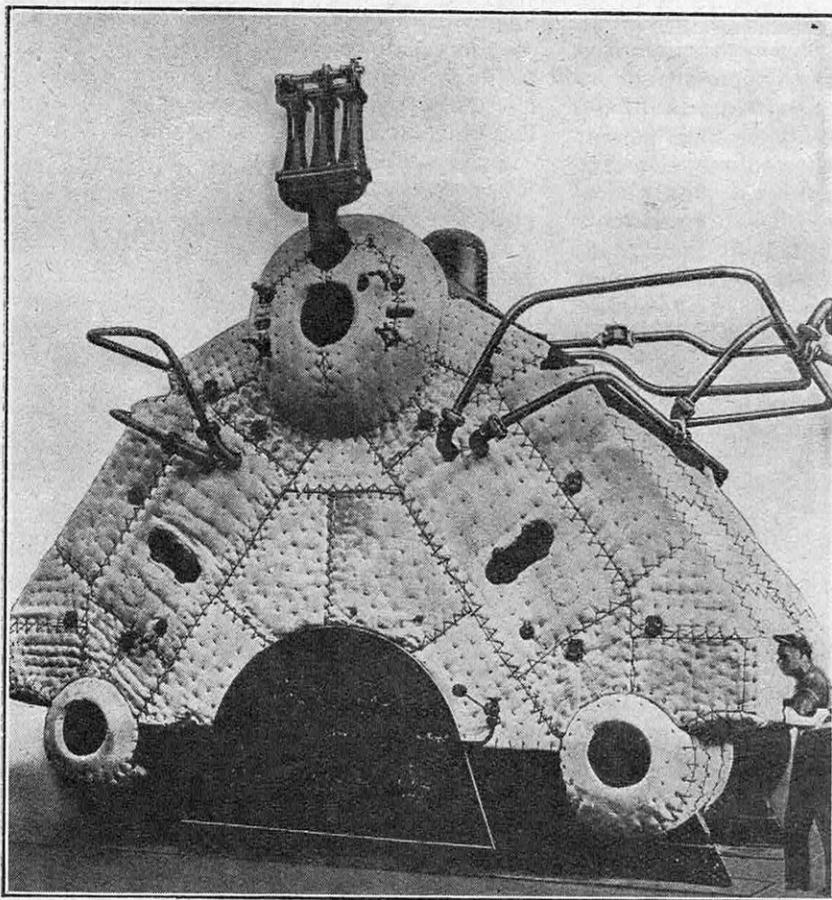


FIG. 4. — CALORIFUGEAGE D'UNE CHAUDIÈRE MARINE

Les matelas de soie de verre sont fixés très simplement par laçage, ce qui permet un démontage facile pour l'inspection et les réparations.

calorifugeage au moins équivalent à celui que donnent les feutres, le liège et autres corps organiques, tout en étant incombustible et en résistant à des températures de service élevées : 300° pour la laine et 650° pour la soie. Aussi ces produits nouveaux ont-ils rapidement trouvé — sous leurs diverses formes (feutres cousus sur carton, sur toile, sur grillage ; tresses, bourrelets, coquilles, etc.) — de nombreux emplois dans les installations de chaudières terrestres ou marines (fig. 4 et 5), dans le chauffage urbain (fig. 6), ainsi que dans l'isolation thermique des bâtiments, conjuguée alors le plus souvent avec l'isolation phonique, ou acoustique, dont nous allons dire maintenant un mot.

L'isolation acoustique

Si l'air est l'isolant thermique par excellence, il conduit par contre très bien le son (heureusement d'ailleurs, car autrement nous serions tous sourds), et le seul isolant

phonique véritable est le vide, dont l'emploi dans ce but (1) ne peut, hélas ! être envisagé qu'au laboratoire, et encore dans quelques cas bien particuliers. Tous les gaz conduisent le son, comme le fait l'air, et les liquides comme les solides encore bien mieux. Il faut donc, pour arrêter les bruits, qui deviennent de plus en plus indésirables à notre époque hypercivilisée, nous adresser à un autre phénomène : l'absorption, due en réalité à des échos, des réflexions successives ; en somme, on emploie pour les bruits — et également faute de mieux — la même méthode que vis-à-vis des aliénés dangereux : on les laisse s'agiter jus-

qu'à ce qu'ils s'arrêtent, en enfermant bien entendu cette activité indésirable entre des limites appropriées. Fort heureusement, les substances qui jouent ainsi ce rôle de cabanon pour le son, le laissant s'épuiser en efforts inoffensifs, ne sont autres que des matériaux très divisés, donc offrant des surfaces de réflexion nombreuses et rapprochées, bref, identiques à ceux qu'utilise l'isolation thermique. Toutefois, si les matières utilisées sont les mêmes, leurs modes d'action sont différents, et nous avons tenu à insister sur ce point qui passe trop souvent inaperçu.

Par suite de son prix plus bas, comparable à celui des isolants usuels, la laine de verre est employée, dans l'isolation du bâtiment, de préférence à la soie de verre, puisque, dans ce cas, les températures à envisager ne sont jamais élevées ; sous l'épaisseur de 25 mm, elle présente un coefficient d'absorption phonique variant de 70 à 90 %, selon

(1) On sait que l'emploi du vide est, au contraire, classique dans l'isolation thermique,

la hauteur du son considéré. Hors les cas spéciaux d'aménagement acoustique des salles de spectacles — question très complexe qui nécessite une étude spéciale et approfondie, puisqu'il faut éviter non seulement la transmission des bruits extérieurs, mais aussi les échos ou réflexions des bruits intérieurs —, le problème de l'isolation phonique, tel qu'il se pose pour les locaux d'habitation, est simple : il suffit de se préoccuper de l'insonorisation des parois, de manière à éviter la transmission des bruits provenant de la rue, des appartements contigus ou des étages voisins. Ce problème est parfaitement résolu (moyennant quelques précautions dont la principale consiste à éviter les fers traversant les surfaces de séparation) au moyen de nappes de laine de verre placées entre lambourdes et parquets, entre les parois verticales et un revêtement en briques, carreaux de plâtre, briques sur champ, panneaux de fibro-ciment, etc.

Isolation électrique

En ce qui concerne l'électricité (1), le meilleur isolant n'est plus l'air ni même le vide,

(1) En réalité, la question est très complexe : il faut envisager, à côté de la résistance électrique, la tension de claquage et le pouvoir inducteur ; en outre, on ne peut guère comparer la décharge dans les gaz aux pertes dans un diélectrique liquide ou solide.

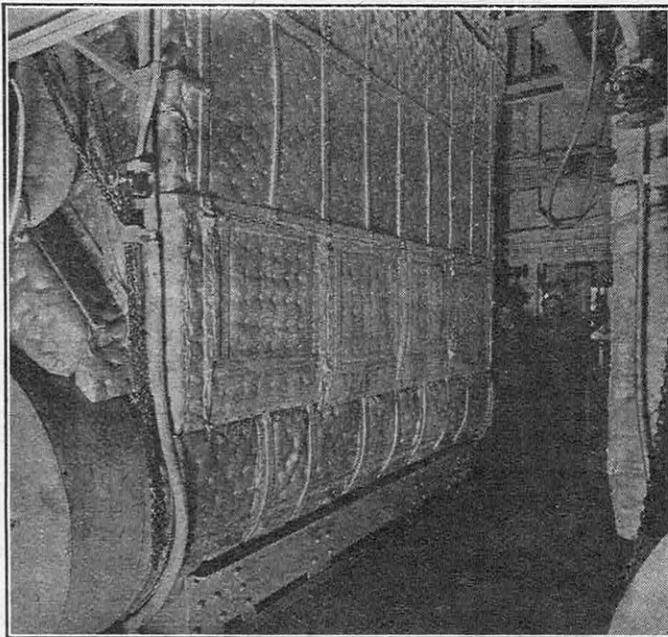


FIG. 5. — REVÊTEMENT D'UNE PAROI DE CHAUDIÈRE AVEC DES MATELAS DE SOIE DE VERRE

La marine de guerre n'est pas seule à mettre à profit les qualités des nouveaux isolants : cette photo est prise dans la chaufferie du transatlantique Normandie.

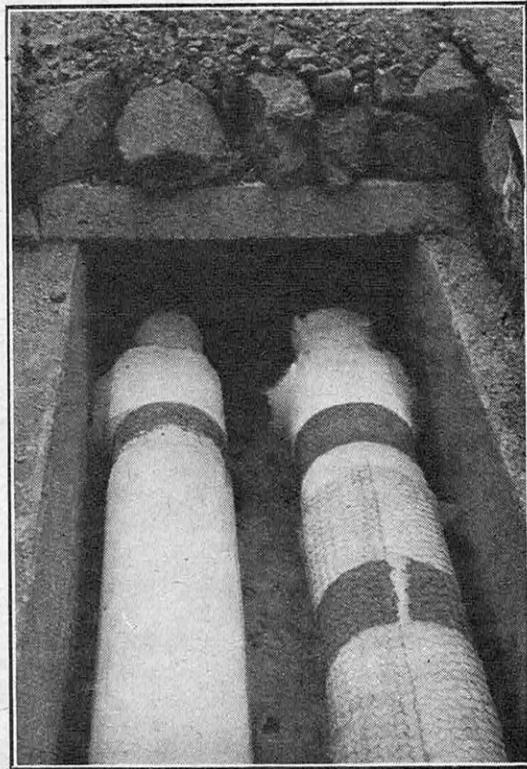


FIG. 6. — CONDUITES DE VAPEUR SOUS CANIVEAU

La lutte contre les pertes de chaleur prend un aspect « vital » dans le chauffage urbain ; les nouveaux isolants, impu-trescibles et peu sensibles à l'humidité, sont ici précieux.

mais un certain groupe de corps particulièrement inaptes à la formation ou à la propagation d'ions ou d'électrons, parmi lesquels le verre *massif* tient une place plus qu'honorable ; aussi, dans les nouveaux isolants électrotechniques à base de fibre de verre dont nous allons parler maintenant, le verre lui-même joue-t-il un rôle singulièrement plus actif que dans l'isolation thermique ou acoustique, où l'on ne lui demandait, somme toute, que de servir de cloison. La fibre de verre permet d'obtenir des fils, rubans ou tissus destinés à l'imprégnation par les résines synthétiques, tresses nues ou vernies, formant une gamme complète de produits pour l'isolation des moteurs et de l'appareillage électriques.

Pour donner une idée des pro-

priétés des nouveaux isolants, disons que des rubans imprégnés de $25 \times 0,38$ mm présentent, après maintien de trois jours dans une atmosphère à 47 % d'humidité, une résistance d'isolement de 68 800 mégohms (contre 2 150 pour l'amiante et 6 440 pour le coton), avec une tension de claquage de 550 kV/cm (contre 520 pour l'amiante imprégné au caoutchouc chloré et 400 pour le coton) : la résistance mécanique est excellente et — fait particulièrement important — se maintient à des températures élevées (jusque vers 350°) ; ceci, joint au fait que l'évacuation de la chaleur est meilleure, permet d'envisager, notamment pour les moteurs, des températures de régime plus élevées. Finalement, on acquiert la possibilité de loger plus d'ampères-tours dans un espace déterminé, donc de construire moins volumineux et partant plus léger, à puissance égale, ce qui est particulièrement précieux dans la construction des moteurs de traction.

Quelques autres isolants minéraux : mousse de verre ; laines de laitier et scories

Le verre fondu peut dissoudre des quantités importantes de gaz, qui se dégagent, lorsque l'on fait le vide, en donnant une masse écumeuse très légère ; M. P. Gilard signalait récemment, dans *Chimie et Industrie*, la possibilité de discipliner le phénomène en agissant sur la température et la pression, et d'obtenir dans la masse de verre des multitudes de bulles de gaz de dimensions uniformes, réalisant, du point de vue physico-chimique, une émulsion de gaz dans un solide, et, du point de vue pratique, un *verre mousse* analogue à la pierre ponce ou au caoutchouc mousse. Industriellement, cependant, on opère autrement et on réalise un *verre multicellulaire*, constitué de bulles serrées les unes contre les autres,

séparées par des parois très minces et ne communiquant pas entre elles, en mélangeant aux constituants des verres des produits susceptibles, par le jeu des réactions, de produire des gaz qui restent dans la masse.

Les verres multicellulaires sont des isolants thermiques et phoniques doués de propriétés intéressantes : leur résistance à la compression est voisine de $40-45 \text{ kg/cm}^2$, leur conductibilité calorifique est faible ;

ils sont remarquablement insonores et peuvent être façonnés avec la plus grande facilité : on peut les couper, les scier en plaques, les travailler à la râpe, y enfoncer des clous, etc. Aussi ont-ils déjà trouvé dans la construction un emploi étendu. A noter qu'ils possèdent aussi des propriétés abrasives analogues à celles de la pierre ponce.

Signalons encore la *laine de laitier* de haut fourneau, ou *laine de scorie*, qui, par sa texture comme par ses propriétés isolantes, s'apparente étroitement à la laine de verre et résiste à des températures très élevées, ne fondant qu'à $1\,300^{\circ}$; le laitier est un sous-produit de valeur presque nulle, et il n'est pas impossible que cette laine

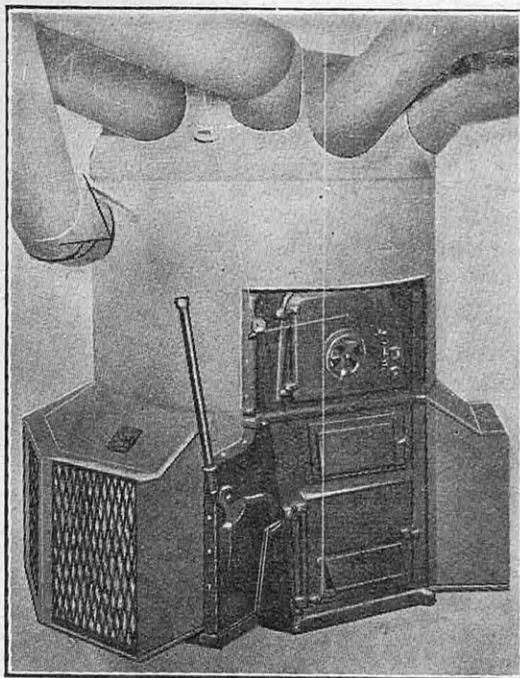


FIG. 7. — FILTRE « DUSTOP » EN FIBRES DE VERRE, SUR UNE CHAUDIÈRE DE CALORIFÈRE
Le chauffage à l'air chaud est revenu à l'ordre du jour depuis que l'on sait distribuer un fluide exempt de « fumées » et de poussières ; les progrès de la métallurgie ont permis d'exclure les unes, les filtres arrêtent les autres.

puisse être obtenue à très bas prix lorsque les difficultés du filage auront été surmontées ; à noter que le laitier contient du soufre, qu'il faut éliminer sous peine d'observer des corrosions par l'acide sulfurique formé avec l'humidité de l'air.

Les textiles minéraux artificiels semblent donc devoir prendre une place de plus en plus large dans des domaines réservés jusqu'ici aux textiles organiques et à l'unique textile minéral naturel : l'amiante. Faut-il voir là une menace pour ces derniers ? Nous ne le pensons pas, étant de ceux qui estiment que la concurrence — à l'inverse d'autres luttes — peut ne comporter que des vainqueurs,

A. GUILLAUMIN,

L' « INDUSTRIE » DES SÉRUMS A L'INSTITUT PASTEUR

Par Pierre KESZLER

Un organisme vivant, qui a résisté victorieusement à des maladies infectieuses, demeure, pendant un temps plus ou moins long, réfractaire à une nouvelle atteinte de ces maladies. Son immunité tient à la présence dans ses humeurs d'une antitoxine spécifique. Administré à une dose convenable, le sérum de cet animal (cheval en pratique) apporte à l'homme ses antitoxines qui l'aident, une fois malade ou non, à combattre l'infection. Tel est le principe de la sérothérapie préventive ou curative, dont le triomphe a été le sérum antidiphthérique appliqué pour la première fois, en 1894, par Roux, Louis Martin et Chaillou. Le traitement moderne de la diphtérie, du tétanos, etc. exige d'énormes quantités de sérum : l'Institut Pasteur de Paris en prépare à lui seul 3 millions d'ampoules par an suivant la technique perfectionnée mise au point par le docteur Ramon ; celle-ci permet par des injections d'anatoxine (1) d'améliorer en quantité et en qualité le rendement en antitoxines des chevaux traités et, par le traitement spécial de purification du sérum, de réduire le nombre des accidents sériques dus à l'introduction dans le sang du malade de matières protéiques d'origine étrangère.

LORSQU'UN organisme est attaqué par un microbe ou un virus, il s'organise aussitôt pour la défense. Cette lutte entre notre corps et l'agent extérieur qui cherche à vivre et proliférer à nos dépens s'appelle la « maladie ».

Dans de nombreux cas, la défense reste maîtresse du terrain et c'est la guérison. Dans d'autres, les réactions de l'organisme seront insuffisantes, et l'infection déterminera une issue fatale, à moins qu'une intervention thérapeutique ne puisse utilement venir en aide à l'organisme pour détruire l'élément pathogène.

Depuis Pasteur, l'attention des biologistes a surtout été retenue par la lutte contre les maladies infectieuses susceptibles de provoquer la mort, et c'est grâce à leurs efforts qu'on peut constater aujourd'hui une diminution très sensible de la mortalité due à certaines infections graves qui, autrefois, causaient des ravages.

Deux méthodes permettent d'arriver au but cherché, c'est-à-dire soustraire l'homme aux dangers de certaines maladies : on peut immuniser préventivement les individus par le procédé pastorien de la vaccination, et c'est un sujet sur lequel nous reviendrons, ou bien avoir recours à la sérothérapie.

(1) Par un traitement spécial (chauffage en présence de formol) d'une toxine de certains germes pathogènes, celle-ci perd sa toxicité, tout en gardant la propriété de provoquer chez l'organisme auquel on l'administre les mêmes réactions de défense par élaboration d'antitoxine. On donne à la toxine ainsi traitée le nom d'anatoxine.

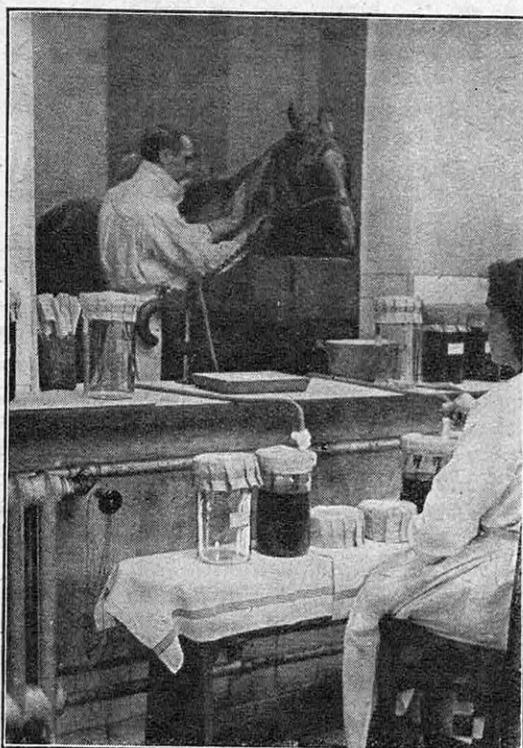
Qu'est-ce qu'un sérum ?

Nous avons vu qu'un organisme atteint par l'implantation dans ses tissus ou ses humeurs d'un germe pathogène se préparait à la défense. Selon la nature des bactéries et selon leur action, les moyens mis en œuvre varieront. Dans certains cas, les leucocytes, ou globules blancs du sang, s'attaqueront directement aux germes parasites, les enroberont, les digéreront et même périront de cette ingestion, provoquant ainsi un abcès purulent ; c'est, en quelque sorte, la défense active.

Dans d'autres cas, le microbe sécrétant un poison appelé toxine, poison qui constitue un milieu favorable à la prolifération des bactéries, l'organisme élaborera des antitoxines capables de neutraliser le poison et de rendre le milieu réfractaire au développement du microbe ; c'est, en quelque sorte, la défense passive.

Ce dernier moyen de défense est le plus fréquent et, même en cas de défense active, cette dernière s'accompagne le plus souvent de lutte antitoxique.

Il est facile de comprendre alors qu'un organisme venant de triompher d'une infection microbienne détienne dans ses humeurs un excès d'antitoxine, spécifique du microbe en question. Si nous prélevons dans le sang cette antitoxine et si nous l'injectons à un individu atteint de la même infection, les antitoxines apporteront à ce dernier un appoint appréciable dans sa lutte. La gué-



(Photo A. N. I. P.)

FIG. 1. — LE PRÉLÈVEMENT DU SÉRUM

Un vétérinaire enfonce un « trocar » dans la veine jugulaire du cheval, puis y ajuste l'extrémité d'un tube de caoutchouc stérilisé aboutissant d'autre part à un bocal stérile qui reçoit le sang.

risson sera plus sûre et plus rapide. C'est la *sérothérapie* curative.

Comment on obtient un sérum

Pour « fabriquer » un sérum, il faut commencer par immuniser un organisme contre l'infection considérée. Cette immunité peut être obtenue par divers moyens : inoculation du microbe vivant et virulent, inoculation du microbe « atténué » ou mort, injection de toxine microbienne ou mieux d'anatoxine. Dans tous les cas, on commence par des doses faibles, afin de ne pas risquer une réaction trop vive de l'organisme ainsi sollicité de produire les anticorps. Petit à petit, on force les doses pathogènes, l'immunité devenant parallèlement de plus en plus forte, jusqu'à devenir une sur-immunité dont le taux atteint des chiffres extrêmement élevés. Une saignée fournit alors, après exsudation du

caillot, un sérum très riche en antitoxine.

C'est le docteur Roux qui, le premier, en 1894, obtint le sérum antidiphthérique auquel tant de personnes doivent aujourd'hui la vie.

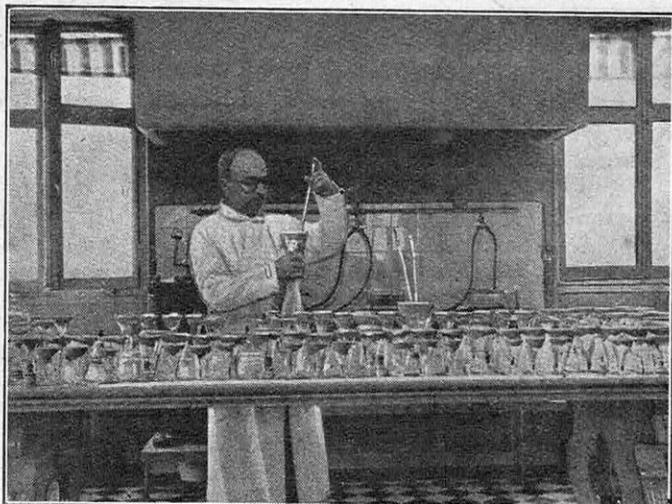
La préparation des sérums à échelle industrielle

Aussitôt que furent connus les merveilleux résultats thérapeutiques obtenus grâce aux sérums, leur emploi se généralisa et il fallut envisager leur préparation en grandes quantités.

En France, c'est l'annexe de Garches de l'Institut Pasteur qui est chargée de fournir aux corps médical et vétérinaire les tonnes de sérums exigés chaque année pour la lutte contre un certain nombre d'infections.

Un parc de 350 chevaux fournit mensuellement près de 5 000 litres de sang, ce qui correspond à environ 2 900 litres de sérums divers. Ces chevaux, provenant des réformes de l'armée, sont minutieusement étudiés au double point de vue de leur santé générale et de leur aptitude à fournir un sérum abondant, avant d'être affectés à la préparation de tel ou tel sérum.

Tout nouveau sujet est immunisé contre l'infection choisie. Par paliers successifs, on l'amène au taux de sur-immunité désiré. A ce moment, le cheval pourrait résister à



(Photo A. N. I. P.)

FIG. 2. — LE TITRAGE DES TOXINES

Dans trois verres sont préparées des solutions de toxines exactement titrées. L'échantillon de sérum est alors prélevé et mélangé aux solutions à raison d'un cm^3 par verre. Les trois mélanges sont injectés à des cobayes. Au flacon correspondant à la mort du cobaye en quatre jours se rapporte le titre du sérum neutralisé par la toxine, moins une dose. Cette dose toxique est précisément celle qui détermine la mort du cobaye en quatre jours. Cette méthode est extrêmement précise.

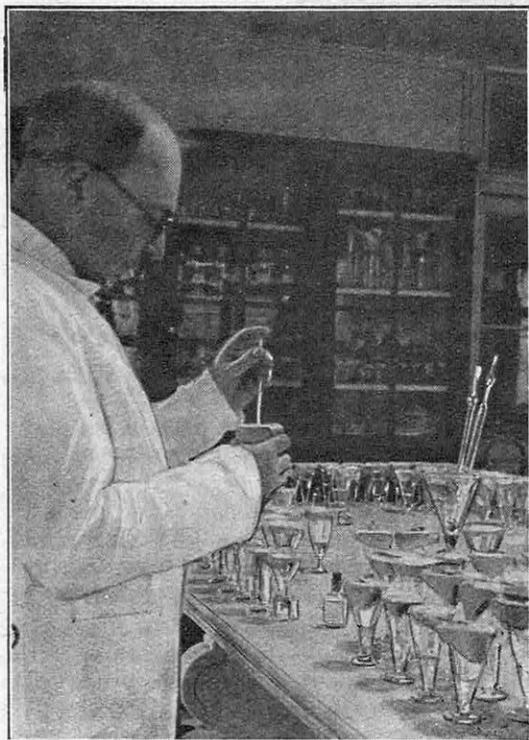
une injection toxique capable de tuer plusieurs centaines de ses semblables ; son sang renferme une proportion considérable d'antitoxine. Deux saignées pratiquées à quatre jours d'intervalle fournissent 14 ou 15 litres de sang, que l'on recueille dans des bocaux stérilisés. Lorsque la fibrine se coagule, une masse de bronze, libérée du couvercle, entraîne le caillot au fond du bocal, favorisant l'exsudation du sérum.

Chaque sérum est ensuite très exactement titré. Trois méthodes permettent ce titrage : la floculation, ou neutralisation d'une dose correspondante de toxine (méthode de Ramon) ; l'injection à des cobayes-témoins ; enfin, la méthode hémolytique (1). Les bocaux sont alors siphonnés, titre par titre, dans des récipients plus importants que l'on stocke en chambre froide.

Mélanges et conditionnement

La thérapeutique demandant, selon les cas à traiter, des titres extrêmement variés,

(1) La méthode hémolytique repose sur la destruction des globules du sang par une certaine dose de toxine, réaction qui enlève au sang la possibilité de coaguler.



(Photo A. N. I. P.)

FIG. 3. — LE TITRAGE DES SÉRUMS

Dans le petit flacon bouché se trouve l'échantillon de sérum à titrer. Les petits verres servent au titrage proprement dit, tandis que les grands sont utilisés pour les préparations.



(Photo A. N. I. P.)

FIG. 4. — LE DOSAGE-MÉLANGE DES SÉRUMS

On siphonne dans une « allonge » un certain nombre de bocaux de sérums de titres différents afin de parvenir au titre définitif désiré. Ce titre est contrôlé avant la mise en ampoules.

Il s'agit d'obtenir des sérums ayant, par centimètre cube, un pouvoir antitoxique considérable. Bien que ce taux soit déjà élevé dans le sérum original, le docteur Ramon est parvenu à le porter plus haut encore en concentrant et en purifiant le sérum. Pour le tétanos, l'Institut Pasteur délivre des ampoules antitétaniques dont chaque centimètre cube renferme 30 000 unités internationales antitoxiques.

Ces titres remarquables ont l'avantage de permettre une lutte très énergique contre une infection déclarée, en réduisant le volume des injections sériques, et nous verrons plus loin pourquoi il est capital de modérer ce volume.

Comme, toutefois, on n'a pas toujours besoin de sérum riche de 30 000 unités, des mélanges sont effectués entre différentes provenances afin d'obtenir une gamme complète.

Les mélanges sont recueillis dans des récipients appelés *allonges*, ces dernières étant, par la suite, transvasées dans des ampoules stérilisées, scellées et de nouveau stérilisées avant la délivrance au public.

Après chaque opération, des échantillons sont prélevés et contrôlés au double point de vue de l'efficacité et de l'innocuité.

Quelques perfectionnements apportés à la préparation des sérums

Si, dans ses lignes générales, la préparation des sérums n'a pas varié depuis sa création, quelques perfectionnements, dus pour la plupart au docteur Ramon, ont permis d'améliorer très sensiblement les quantités et la qualité des sérums.

A titre d'exemple, mentionnons qu'il y a une vingtaine d'années, il fallait de trois à six mois pour amener un cheval à produire un sérum antitétanique titrant de 2 à 300 unités, quel que chevaux succombant encore à l'injection des toxines destinées à provoquer la réaction antitoxique. A la suite de recherches méthodiques, le docteur Ramon et ses collaborateurs adoptèrent une technique fondée sur l'expérience et dont les résultats sont intéressants. En premier lieu, la sélection des chevaux se fait de préférence parmi ceux qui ont été préalablement immunisés contre les affections diphtériques ou tétaniques, s'ils doivent servir à la production de ces sérums.

La toxine spécifique est remplacée par l'anatoxine correspondante (1), dont le pouvoir immunisant est tout aussi considérable, mais la toxicité nulle, ce qui évite totalement les accidents ou les insuccès. Enfin, l'adjonction à l'anatoxine de tapioca stérilisé provoque, au point d'injection, un œdème inflammatoire qui retarde l'élimination de l'anatoxine et favorise l'élaboration d'antitoxine. Grâce à ces perfectionne-

(1) Par action prolongée du formol sur la toxine, celle-ci perd sa toxicité, tout en conservant la propriété de provoquer, de la part de l'organisme où on l'introduit une production énergétique d'anticorps ; la toxine s'est transformée en anatoxine.

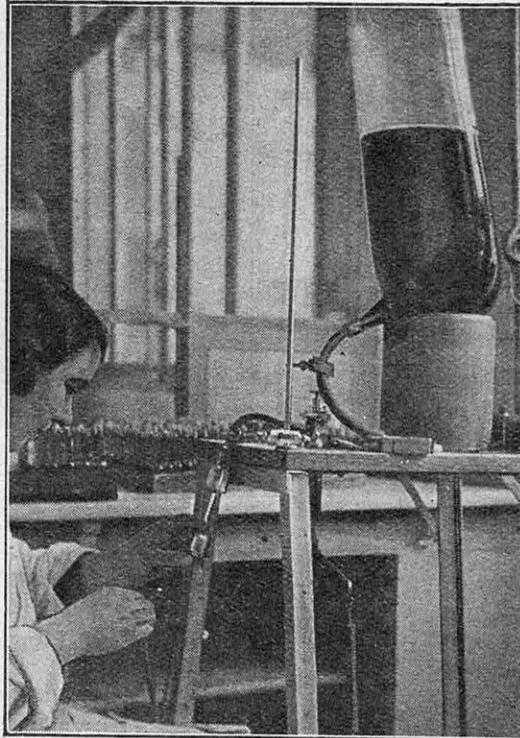
ments, le rendement en qualité et en quantité a été sensiblement accru. Alors qu'autrefois une vingtaine d'injections, échelonnées sur six mois, provoquaient un sérum antitétanique titrant au maximum 300 unités en moyenne, la nouvelle méthode obtient en cinq semaines, avec sept injections, totalisant 1 380 cm³ d'anatoxine (au lieu de 2 ou 3 litres de toxine), un sérum dont la valeur moyenne est de 4 000 unités. Pour le sérum antidiphtérique, les chiffres sont respectivement : 970 cm³ d'anatoxine au lieu de 3 litres, et 1 200 unités au lieu de 400.

De plus, grâce aux injections dites de rappel, qui sont pratiquées quinze jours après la dernière saignée, on peut de nouveau prélever le sérum douze jours plus tard, ce qui établit le rythme de production à un mois. Un autre perfectionnement, et des plus utiles, est la purification des sérums.

Les accidents sériques

En effet, si l'antitoxine fournie par le sérum combat effectivement dans un corps humain les toxines élaborées par les bactéries, les autres constituants du sérum, protéines et albumines du cheval, sont parfois nuisibles à l'homme. L'homme auquel on injecte du sérum de cheval va lutter contre cette apparition de substances étrangères et élabore des corps *antisérum de cheval*. Certains phénomènes d'agglutination peuvent se produire, parfois fatals. C'est ce qu'on appelle les accidents sériques, qui apparaissent huit jours après l'injection et qui se produisent une fois sur deux. Ils sont caractérisés par des troubles circulatoires, des douleurs articulaires et un urticaire très étendu. Les accidents mortels apparaissent environ une fois pour 50 000 cas.

Par diverses méthodes, le docteur Ramon arrive à précipiter certaines des protéines du



(Photo A. N. I. P.)

FIG. 5. — LA MISE EN AMPOULES DU SÉRUM

Le sérum contenu dans l'« allonge » est conduit par un tube souple, interrompu par une sorte de valve commandée par une pédale, jusqu'à un embout de verre qui pénètre dans le tube de l'ampoule.

sérum qui ne servent pas de support aux antitoxines. C'est la purification du sérum qui réduit de moitié les accidents sériques.

L'utilisation des sérums

La sérothérapie peut être utilisée dans deux cas : préventivement ou curativement. Lorsqu'un individu est suspect de porter des germes pathogènes, on pratique une injection préventive. On confère ainsi à l'organisme, au moment où la virulence des germes est encore insuffisante pour provoquer la maladie, une immunité énergétique. Malheureusement, cette immunité est de courte durée, le sérum étant éliminé en une quinzaine de jours ; et c'est en cela que la sérothérapie préventive diffère essentiellement de la vaccination, moins immédiate, mais de longue durée.

Dans la sérothérapie préventive, on n'utilise généralement que les faibles doses.

Dans d'autres cas, une infection insoupçonnée se déclare brusquement, et c'est alors qu'entre en action la sérothérapie curative. Il s'agit de fournir sans délai à l'organisme une quantité très importante d'antitoxine afin de l'assister dans la défense contre l'infection. Des injections répétées de sérum, de taux de plus en plus élevé, sont pratiquées jusqu'à complète guérison. C'est dans ce cas que les accidents sériques sont le plus à redouter, l'organisme devant faire les frais simultanés de la lutte contre l'infection et contre le sérum de cheval.

Fort heureusement, cette méthode énergétique connaît presque toujours le succès. Non sans mal parfois : ne cite-t-on pas le cas de ce coureur à pied appelé au service militaire qui, ne voulant pas interrompre son entraînement, avait échappé à la vaccination

« associée » obligatoire... et contracté le tétanos au cours d'une épreuve. Il n'a pas fallu lui injecter moins d'un litre de sérum pour le tirer d'affaire.

La variété des sérums offerts

Si les sérums antitétanique et antidiphtérique sont les plus communément employés, l'Institut Pasteur en prépare toutefois une trentaine d'autres. Ils permettent de combattre les infections dues au streptocoque, au staphylocoque, au pneumocoque, au colibacille, aux divers venins, aux bacilles de la gangrène (cinq sérums), etc...

Tous ces sérums sont conservés en chambre froide et en quantités très importantes, afin d'être en mesure de parer à une épidémie ou à une épizootie. Les stocks sont renouvelés régulièrement et contrôlés fréquemment ; ils sont donc toujours utilisables immédiatement en cas de besoin.

Pour donner une idée de la consommation actuelle des divers sérums, citons le chiffre des ampoules délivrées annuellement : 3 millions.

Remarquons d'ailleurs que ce chiffre constitue probablement un maximum, les vaccinations préventives antidiphtérique et antitétanique étant obligatoires dans l'armée depuis 1936, et la vaccination antidiphtérique des enfants obligatoire depuis l'été dernier.

Dans ces conditions, il est à présumer que les cas de diphtérie et de tétanos seront de moins en moins nombreux et qu'on aura de moins en moins recours à la sérothérapie.

En cela, le législateur a suivi fort judicieusement le dicton populaire affirmant qu'il vaut mieux prévenir que guérir.

PIERRE KESZLER.

En Angleterre, comme en Allemagne et en Italie, les gouvernements se rendent compte de la valeur économique et militaire du véhicule industriel routier. Aussi l'Etat favorise-t-il son développement par des détaxes sur les véhicules neufs, par limitation des impôts à la somme nécessaire à l'entretien des routes, etc. Aussi leur nombre ne cesse d'augmenter à la vente : en une seule année (1935), cet accroissement a été de 17 % en Allemagne, 23% en Angleterre, 80 % en U. R. S. S. En France, par contre, le nombre des camions en construction tend à décroître, surtout depuis la hausse du gas oil, frappé de taxes presque aussi lourdes que celles qui grèvent l'essence. Il faut également regretter, du point de vue de la défense nationale, les limitations imposées aux dimensions des poids lourds en France. La capacité de transport de ces véhicules réquisitionnés à la mobilisation sera sensiblement inférieure à celle des camions allemands de gros tonnage dont la multiplication est encouragée par une politique habile et prévoyante.

COMMENT LA SCIENCE AGRONOMIQUE LUTTE CONTRE LES ENNEMIS DES CULTURES

Par Tony BALLU

PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Les progrès de la science et de la technique agronomiques ont fait apparaître au siècle dernier une forme nouvelle de culture du sol : la culture intensive à très haut rendement, caractérisée à la fois par l'emploi des engrais chimiques et la sélection des semences. Mais si l'engrais accélère la croissance, et si la sélection rationnellement pratiquée accroît la productivité, la plante, par contre, perd de sa rusticité, en vertu des lois de l'équilibre biologique, résiste moins bien à l'attaque de ses ennemis végétaux et animaux auxquels profitent immédiatement les soins donnés aux espèces cultivées. Le nombre de ces ennemis s'est accru dans des proportions considérables, depuis quelque cent ans, par des échanges de continent à continent. La destruction du vignoble français par le phylloxéra importé d'Amérique en est un exemple historique. Pour combattre ces invasions, le cultivateur doit disposer aujourd'hui d'un véritable arsenal qui n'est pas sans présenter d'analogie avec celui de la guerre moderne : gaz et liquides toxiques, lance-flammes, etc. Souvent même, — comme c'est le cas pour le dernier venu de ces fléaux, le doryphore de la pomme de terre, — l'invasion prend une telle ampleur que les mesures de protection individuelles se révèlent inopérantes et qu'il devient indispensable d'envisager l'intervention des pouvoirs publics.

JUSQUE vers le milieu du XIX^e siècle, l'agriculture vivait surtout sous le régime extensif. En dehors des fumures incorporées au sol, à doses restreintes, sous forme de fumier, de composts ou d'engrais verts » (enfouissage de cultures fourragères) et des amendements (chaulages, marnages), on ignorait les engrais chimiques.

Le sol, peu nourri, produisait peu, mais, si les récoltes étaient maigres, elles étaient rustiques.

Pour lutter contre les parasites végétaux et animaux, on pratiquait la *jachère nue*, opération qui consistait à travailler la terre, un an sur deux ou trois, sans lui demander de récolte. Le sol se reposait ainsi, s'aérait, se nettoyait, s'ameublissait et s'assainissait, avec le concours des éléments atmosphériques ; et le cultivateur favorisait du même coup, — sans le savoir — la « culture » et le développement des micro-organismes utiles.

Vers 1850, les conquêtes du progrès dans le domaine industriel gagnèrent peu à peu l'agriculture. Les sciences agronomiques firent leur apparition, transformant les pratiques ancestrales, inconscientes et irraisonnées, en méthodes raisonnées. C'est ainsi que la culture intensive se substitua

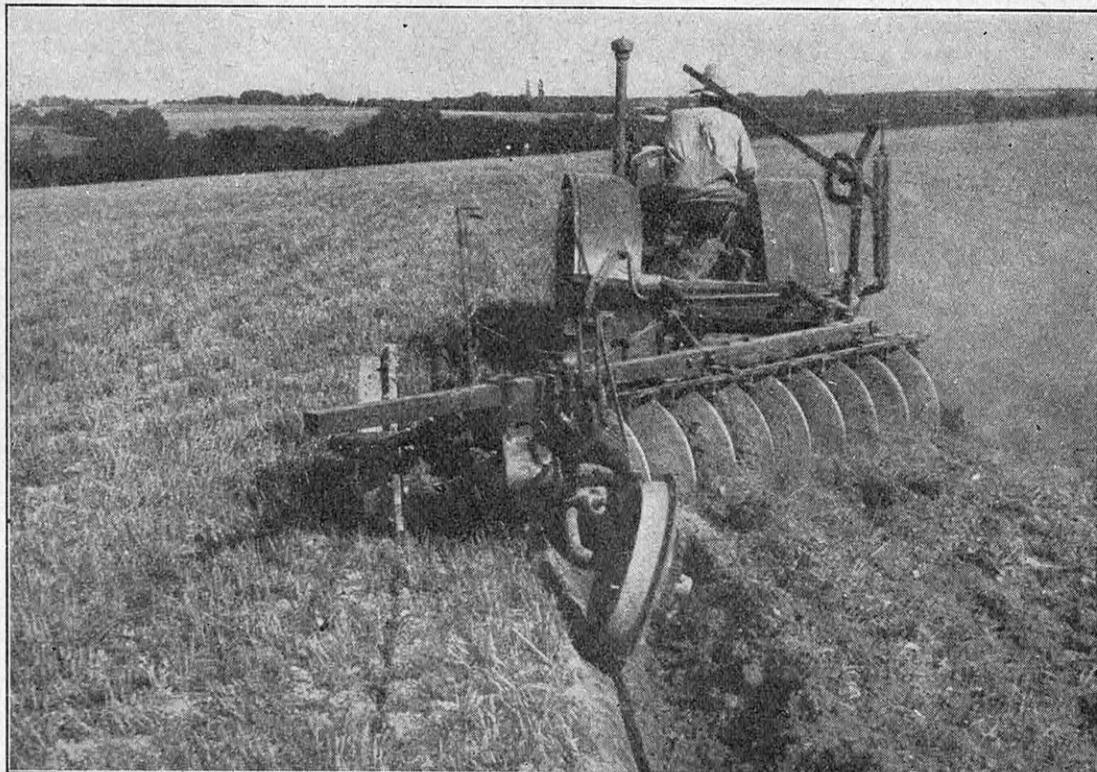
petit à petit à la culture extensive. Grâce aux engrais artificiels et à la sélection des semences en vue d'une productivité sans cesse accrue, on fit rendre aux terres le double, voire même le triple de ce qu'elles donnaient auparavant. La pratique ancestrale de la jachère « nettoyante » fut remplacée par des cultures dites de « jachère cultivée » (notamment la betterave) qu'on gava d'engrais, pour en faire bénéficier également les cultures des années suivantes.

Les rendements augmentèrent, ainsi que le profit brut. Le progrès agricole était en marche, à l'instar du progrès industriel. Mais si, dans l'industrie, la matière première à traiter est un matériau inerte (bois, acier) qui ne réagit pas à proprement parler, et qui est usiné dans des ateliers aux caractéristiques constantes, en culture, la matière première est le sol, milieu vivant, qui réagit et évolue sans cesse dans le cadre d'un atelier de caractéristiques constamment changeantes : la Nature. Or la Nature a des lois, et parmi elles, une qui est immuable, c'est la loi d'équilibre, qui tend à s'opposer à toutes manifestations contraires à ses effets normaux. A la surproduction artificielle que l'homme lui impose, elle réagit de différentes façons. De même que, dans le monde

animal, les espèces s'équilibrent par des luttes incessantes, dans le monde végétal, un développement excessif de certaines espèces semble inciter à la réaction et à l'exubérance de leurs parasites. D'autre part, — toujours en vertu des lois d'équilibre, — l'exagération chez les plantes cultivées, d'une qualité particulière, telle que la surproductivité, s'effectue au détriment d'autres, telles

sibles que les récoltes sont plus denses.

Nous assistons aujourd'hui, dans le monde entier, à une surproduction de produits végétaux tendant à l'avilissement des prix, en même temps qu'à une augmentation des frais de production provenant, pour une part non négligeable, des opérations de plus en plus nombreuses et de plus en plus coûteuses, nécessitées pour la protection des cultures



(Mac Cormick, constructeur.)

FIG. 1. — DÉCHAUMEUSE A DISQUES POUR DÉCHAUMAGES ET LABOURS LÉGERS

Ces machines, de construction relativement récente, doivent à leur poids de « mordre » énergiquement les chaumes durcis par la sécheresse de l'été. Les pièces travaillantes sont des disques, montés fous sur leurs axes, et tournant automatiquement sous l'effet de la résistance des terres. Le déchaumage ainsi obtenu a pour objet l'établissement d'une « couche-écran » constituée de terre meuble qui empêche l'eau du sous-sol de remonter à la surface et de s'évaporer. Cette opération favorise en même temps la germination des mauvais grains. L'inclinaison de la roue arrière assure une meilleure « tenue de raie », c'est-à-dire neutralise en partie le couple engendré par la réaction de la terre sur les disques.

que la rusticité. Il en résulte que les plantes trop « poussées » risquent de se trouver en état de moindre résistance par rapport à leurs nombreux ennemis : *plantes sauvages*, qui ont conservé leur rusticité et profitent avidement des engrais et des soins dont on entoure les cultures ; *insectes et micro-organismes* qui s'attaquent de préférence aux plus belles récoltes, constituant pour eux de copieux garde-manger ; *éléments naturels* enfin (gelées, grêle, sécheresse) dont les dégâts sont d'autant plus sen-

contre un nombre d'ennemis qui va sans cesse en croissant.

Car c'est un véritable arsenal d'armes de toutes natures que le cultivateur doit acquérir et entretenir pour sauvegarder ses récoltes.

Ce sont ces procédés que nous allons examiner aujourd'hui, en résumant leurs principales caractéristiques et en nous limitant aux seuls moyens de défense contre les parasites végétaux et animaux, c'est-à-dire en laissant de côté le matériel important de lutte contre les éléments atmosphériques.

La lutte contre les mauvaises herbes

Nous venons de voir qu'en culture extensive, le procédé classique de nettoyage des terres était la « jachère nue ». La succession judicieuse de façons aratoires, par alternances de labours, de hersages, d'extirpages, de scarifiages et de roulages, a pour effet de favoriser la germination des graines de mauvaises herbes, et de détruire ensuite ces dernières en les arrachant ou en les enterrant.

La culture intensive n'a conservé de ce procédé que le « déchaumage », qui consiste à passer des charries « déchaumeuses » à versoirs ou à disques (fig. 1), aussitôt après la récolte des céréales. Le labour, effectué à la profondeur de quelques centimètres seulement avec ces charrues, recouvre les mauvaises graines, tombées à la surface du sol pendant la moisson, d'une légère couche de terre meuble et fraîche qui

en provoque la germination ; des opérations subséquentes de hersage ou de scarifiage détruisent les plantes qui ont poussé. Cette « façon » a en outre l'avantage d'établir, à la surface du sol, une « couche-écran » freinant l'évaporation des réserves d'eau du sous-sol. Mais les graines qui n'ont pu germer, du fait qu'elles se sont trouvées sous de la terre trop sèche, ou qu'elles sont tombées dans les fentes provenant du craquelage du sol en été, vont pousser à leur tour, au printemps suivant, en même temps que les semences cultivées. Quand celles-ci sont semées en lignes, on commence par les nettoyer au moyen de houes-sarcleuses (fig. 2) dont les pièces tra-

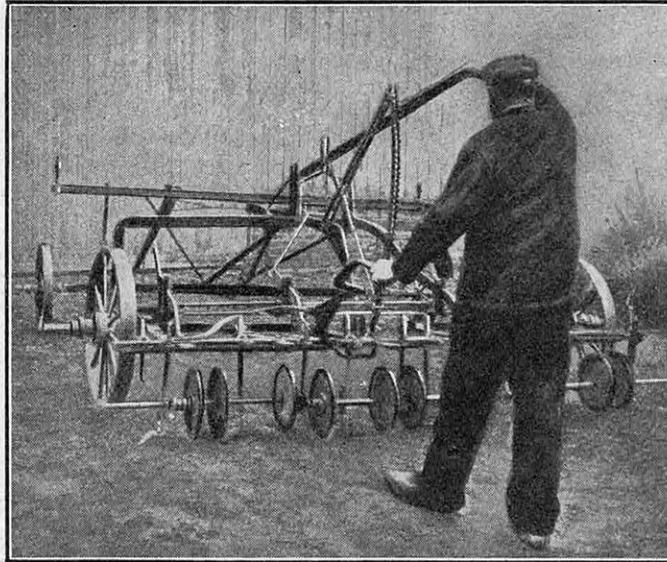


FIG. 2. — HOUE BINEUSE ET SARCLEUSE

Un adage dit : « Un binage vaut deux arrosages. » Expression fort juste qui explique l'action bienfaisante des houes sur l'emmagasinement de l'eau atmosphérique par un sol récemment ameubli en surface et la constitution d'une « couche-écran » limitant l'évaporation de l'eau contenue dans la terre arable. En outre, les socs de la houe « sarclent », c'est-à-dire détruisent les plantes adventices qui ont poussé dans les interlignes. Un « gouvernail » permet à l'ouvrier marchant derrière de déplacer latéralement le châssis porte-outils par rapport au bâti, monté sur roues, pour diriger les socs dans les interlignes et encadrer les lignes entre les disques protecteurs représentés sur la figure.

vaillantes (1) passent dans les interlignes. Mais les mauvaises herbes qui poussent dans les lignes mêmes vont pouvoir se développer sans risques, en profitant de l'abri que leur offrent les plantes cultivées. D'autre part, l'opération du sarclage aura ramené à nouveau en surface des mauvaises graines, qui vont germer à leur tour, nécessitant de nouvelles façons de nettoyage. Il arrive ainsi un moment où la végétation

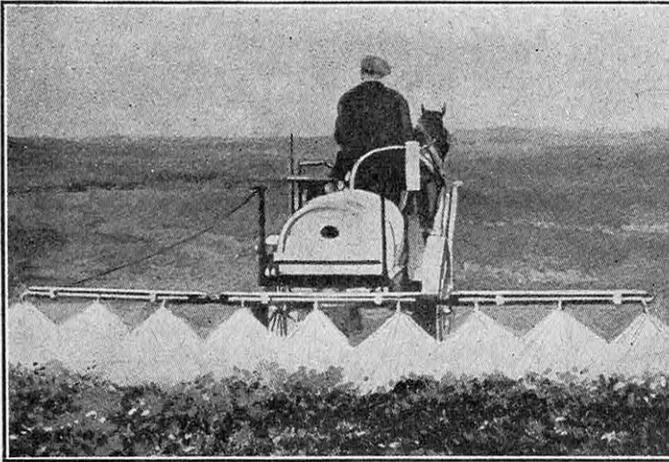
devient trop grande pour qu'on puisse, sans danger, faire passer la houe. C'est alors qu'intervient une nouvelle opération : l'épandage en surface de substances toxiques qui attaquent les feuilles généralement spongieuses de la plupart des mauvaises herbes, alors que, par bonheur, l'épiderme de nos plantes cultivées est comme recouvert d'une sorte de vernis qui les protège de la causticité des produits épan-

rus. Ces substances toxiques

sont préparées, soit en solution, soit en poudres. Les premières sont distribuées par des pulvérisateurs (fig. 3), les secondes par des distributeurs d'engrais.

Les pulvérisateurs comprennent un réservoir (porté à dos d'homme ou sur bât, ou sur un train de roues, suivant leur importance) dans lequel on met la solution caus-

(1) Un constructeur français vient de réaliser et de mettre définitivement au point une houe à cellule photoélectrique pour le binage et le démarrage de la betterave : cette machine « intelligente » voit et respecte les plants de betteraves et détruit les plantes indésirables. La description de cette intéressante machine, ne pouvant rentrer dans le cadre restreint de cet article, sera présentée dans une note spéciale d'un de nos prochains numéros.



(Guillart, constructeur.)

FIG. 3. — PULVÉRISATEUR A GRAND TRAVAIL

Un tonneau, monté sur roues, contient les solutions destinées à détruire les insectes, les cryptogames ou plantes parasites. Une pression, exercée à la surface du liquide, soit par une pompe à membrane, actionnée par une came montée sur l'essieu, soit par un groupe moto-pompe, soit enfin par bouteilles à gaz comprimé, oblige le liquide à s'échapper en fin brouillard par une série de « jets » montés sur une rampe placée en arrière du tonneau. L'emploi de cette machine n'est recommandable que par temps sec, et en dehors des heures de rosée. Dans les pulvérisateurs plus spécialement utilisés dans les vignobles, on remplace la rampe horizontale par deux rampes verticales, envoyant le « brouillard » latéralement dans le feuillage.

tique : acide sulfurique, dilué à 10 ou 12%, « bouillies » cupriques, chlorate de soude à 1 %, etc. Ce liquide est soumis à une pression de quelques atmosphères, soit au moyen d'une pompe actionnée à bras, au moteur, ou par les roues de la machine, soit par du gaz comprimé en bouteilles. Du réservoir partent une ou plusieurs canalisations portant des « jets » qui transforment le liquide en fin brouillard. Les produits toxiques secs, utilisés pour la destruction des mauvaises herbes, sont : le sulfate de fer déshydraté, le chlorure de sodium en poudre fine, et certains engrais tels que la sylvinite et la cyanamide finement broyées, qui possèdent la particularité d'être toxiques à hautes doses (800 kg environ) pour les plantes adventices, tout en servant d'éléments fertilisants pour les plantes cultivées.

Tous ces produits doivent être employés très secs et en poudre très fine. On les distribue à la volée sur les cultures au moyen des distributeurs d'engrais ordinaires, mais ce sont les types dits « à distribution centrifuge » (fig. 4) (dans lesquels l'engrais tombe sur des plateaux tournant à grande vitesse), qui semblent donner les meilleurs résultats. Les produits liquides doivent s'employer

par temps sec, tandis que les poudres doivent au contraire n'être épandues qu'à la rosée, ou après la pluie. Il n'est donc possible, en principe, d'utiliser, de manière suivie, l'un ou l'autre procédé. Une solution intermédiaire a été récemment proposée : elle consiste (fig. 5) à disposer sur l'avant d'un distributeur d'engrais, un réservoir d'eau, muni d'un dispositif pulvérisateur. On peut ainsi commencer à répandre la poudre le matin à la rosée, et, aussitôt que celle-ci a disparu, on crée une rosée artificielle en pulvérisant l'eau devant l'épandeur de poudre.

Solutions ou poudres caustiques ne sont réellement efficaces qu'au début de la végétation des mauvaises herbes, alors que les feuilles de celles-ci sont encore tendres et par conséquent vulnérables. Mais aussitôt qu'elles



(G. Lefevre, constructeur.)

FIG. 4. — DISTRIBUTEUR A FORCE CENTRIFUGE

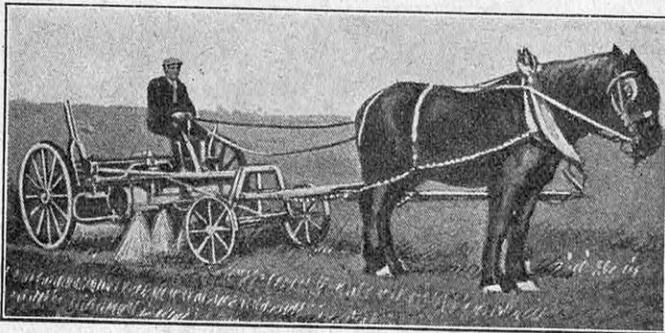
Cet appareil, couramment employé pour l'épandage des engrais pulvérulents, est également efficace pour la projection des poudres insecticides anticryptogamiques ou désherbantes. Les produits à épandre s'écoulent par des ouvertures réglables sur un ou deux plateaux horizontaux, dont l'axe est entraîné à grande vitesse par une transmission appropriée en liaison avec les roues. Des palettes verticales et radiales, fixées sur ces plateaux, projettent la poudre qui s'échappe par force centrifuge en une nappe d'une largeur supérieure à la voie de la machine.

ont atteint un certain développement, elles deviennent plus résistantes, et les feuilles inférieures peuvent, en tout cas, se développer à l'abri des feuilles supérieures.

Les produits mécaniques d'élimination des mauvaises herbes et des graines nuisibles

Les moyens d'attaque par les produits chimiques étant dès lors inopérants, on va recourir aux procédés mécaniques pour s'efforcer de vaincre les rcalcitrants. Les *essanveuses* entrent alors en jeu. Ces machines doivent leur nom à ce que ce sont surtout les sanves (senés et raveluches) qui en sont les principales victimes. Un des types les plus répandus est l'essanveuse « à peignes », composée d'un tambour à arbre horizontal, commandé par les roues et garni de peignes. Ce tambour, qui est à hauteur réglable, agit comme une série de véritables peignes. Les sanves sont attaquées quand elles fleurissent, alors que les céréales, moins hâtives et encore en feuilles, passent sans dommage entre les dents. Les chardons sont également déchiquetés par cette machine et, s'ils ne sont pas définitivement détruits, du moins les blessures qui leur sont faites les empêchent de fructifier et de disséminer leurs graines avant la moisson.

Avec cette machine, la série des moyens de défense contre l'invasion des plantes adventices est épuisée. La moisson va arriver ; les

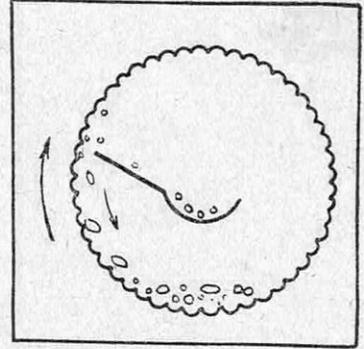


(Gouss, constructeur.)

FIG. 5. — DISTRIBUTEUR DE POUVRE ET PRODUCTEUR DE ROSÉE ARTIFICIELLE

Les poudres ne pouvant s'employer que pendant les courtes heures de rosée, on peut augmenter pratiquement la durée de leur épandage en plaçant devant l'appareil distributeur de poudre un pulvérisateur envoyant de l'eau sous forme de « brouillard » qui vient humecter la surface des feuilles. La pression peut être donnée soit par une pompe moto-pompe auxiliaire, soit par des bouteilles à gaz comprimé. Le système de pulvérisation n'étant employé qu'en dehors des heures de rosée, on obtient ainsi un traitement continu pour un poids de produits transportés (poudre et eau) très restreint, et notablement inférieur à celui nécessaire par les produits toxiques en solution épandus par pulvérisateur.

FIG. 6. — SCHÉMA DU TRIEUR ROTATIF



Un cylindre en tôle dont la face interne est alvéolée tourne autour d'un axe légèrement incliné par rapport à l'horizontale. Les alvéoles, de

forme hémisphérique, tendent à remonter toutes les graines, mais les graines longues (avoine, orge) basculent et retombent rapidement dans le fond du cylindre, tandis que les graines rondes, dont le diamètre concorde avec le calibre des alvéoles, ne tombent qu'à une hauteur plus élevée. En réglant, suivant les besoins, l'inclinaison de la rampe solidaire de la gouttière centrale, on sépare ainsi les graines longues des graines rondes. Ces graines longues sont évacuées par le cylindre, grâce à son inclinaison.

récoltes seront coupées, rentrées et battues, et c'est dans le grain battu qu'on puisera la semence destinée à la récolte future. A ce moment, les précautions doivent reprendre, car, au battage, les graines de mauvaises herbes vont se mélanger avec le bon grain.

C'est alors qu'interviennent toute une série d'appareils destinés à purifier les semences : ce sont d'abord les *tarares*, qui, en envoyant un violent courant d'air sur

le grain qu'on fait écouler en nappes, classent les grains par densité ; les produits lourds, dans lesquels vont se trouver la semence, sont recueillis séparément. Mais, dans ces produits, il peut y avoir des graines étrangères pouvant se différencier du bon grain par la grosseur et par la forme. Leur passage dans les *cribleurs* (tôles comportant une série de perforations de calibres différents) élimine les graines plus grosses et plus petites que celles à conserver. Viennent ensuite les *trieurs rotatifs* (fig. 6).

Indépendamment de ces machines, couramment employées pour le nettoyage des semences de céréales (blé, avoine, orge), il existe des trieurs spéciaux tels que les *décuscuteurs*, conçus spécialement en vue de l'élimination des graines de *cuscute*, qui font de gros ravages dans les prairies artificielles de légumineuses, les

déplantineuses, chargées d'enlever les graines de plantain, plante envahissante des prairies à base de graminées. Citons enfin les *éliminateurs d'ail sauvage* dont les graines communiquent à la farine une forte odeur alliée qui fait rejeter le blé des marchés.

L'assainissement par le feu

Les moyens précédents ne possédant pas une efficacité suffisante, on a songé à faire appel au feu. Depuis longtemps, dans certains pays (notamment en Afrique du Nord) où, la paille ayant peu de valeur, on coupe les céréales à une certaine hauteur au-dessus du sol, on a coutume de brûler les chaumes pour détruire les mauvaises graines, ainsi que les germes, spores et larves de tous genres. Mais, dans les pays de culture intensive, où la paille trouve des débouchés rémunérateurs, on coupe les tiges près du sol. Le feu ne pourrait donc se communiquer par les chaumes. On a pensé utiliser, dans ce cas, des *lance-flammes*, en installant des brûleurs du type Bunsen, alimentés avec des huiles de vidange, sur une rampe solidaire d'un châssis monté sur roues.

Toutefois, il ne semble pas que les résultats enregistrés jusqu'ici aient été fort encourageants. L'effet escompté ne peut d'ailleurs se produire qu'en surface, les flammes ne pouvant atteindre graines, larves et spores logées dans les fentes du sol.

Pour remédier à ce défaut, on a proposé alors d'épandre au préalable du soufre à la surface du sol : le lance-flammes, passant ensuite, a son action directe complétée par la combustion du soufre produisant de l'anhydride sulfureux qui pénètre dans les couches superficielles du sol.

L'effet produit serait efficace sur les

larves et les spores, mais nul sur les mauvaises graines (1).

Lutte contre les maladies cryptogamiques

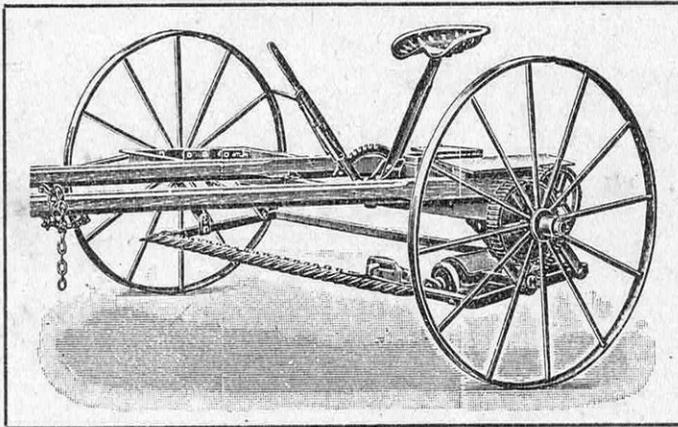
Citons, parmi les principales : l'oïdium, le mildiou et les rots (black-rot), qui s'attaquent à la vigne ; les chancres, blancs, rouilles, tavelures, qui envahissent les arbres fruitiers ; le piétin, les rouilles, le charbon et les caries, qui s'en prennent aux céréales ; la « pourriture du cœur » de la betterave ; la gale, la filosité, la pourriture et le mildiou de la

pomme de terre, ainsi qu'une maladie nouvelle dont on commence à parler et qui provoque la « flétrissure des feuilles » de ce tubercule.

L'oïdium se combat par le soufre. Les *poudreuses* ou *soufreuses* (fig. 8) qui sont chargées de l'épandre, sont des machines munies d'un ventilateur provoquant un violent courant d'air, entraînant, sous forme de nuage, le soufre contenu dans un

réservoir. Ces machines peuvent être, suivant leurs dimensions, portées à dos d'homme ou montées sur bât, ou fixées sur roues. Des buses, de formes appropriées, projettent le soufre en nuages tourbillonnants pour pouvoir atteindre toutes les feuilles.

(1) Ce n'est pas seulement contre les mauvaises herbes que l'agriculteur doit se défendre, mais encore contre ses propres cultures, qui prennent parfois un développement exagéré. Il arrive souvent qu'au printemps, les blés, bénéficiant d'un concours trop heureux de circonstances (fumures trop copieuses et conditions atmosphériques particulièrement favorables), prennent un développement tel que, par la suite, leurs tiges trop hautes et trop lourdes se cassent au pied : c'est la « verse » des céréales. La fécondation ne peut s'opérer dans des conditions satisfaisantes, et les rares graines formées dans l'épi sont privées de soleil et deviennent étiques. La mariée a été trop belle... au début. Il faut alors pratiquer l'écimage (fig. 7).



(Bonehill, constructeur.)

FIG. 7. — ÉCIMEUSE A HAUTEUR DE COUPE RÉGLABLE
Cette machine est utilisée pour modérer le développement exagéré de la végétation, par suite d'un concours « trop heureux » de circonstance (conditions atmosphériques particulièrement favorables et fertilisation poussée) L'écimeuse se distingue essentiellement de la faucheuse en ce que la scie est disposée entre les roues et ne repose pas sur le sol. La hauteur de coupe est réglable et permet de sectionner les feuilles de végétation exubérante. Il en résulte une poussée de sève vers le pied, et un « talage » producteur de nouvelles tiges qui augmenteront la densité de la récolte tout en diminuant ses chances de « verse ».

Les mildious de la vigne et de la pomme de terre se traitent par des solutions cupriques, distribuées en fin brouillard par les pulvérisateurs dont nous avons parlé précédemment.

Quant aux maladies cryptogamiques s'attaquant aux céréales, on renonce le plus souvent à les traiter par des procédés chimiques. On préfère employer des moyens qu'on juge plus rationnels en même temps que plus économiques et qui consistent en traitements culturaux, tels que l'alternance des assolements : on évite ainsi que les plantes sensibles à une même maladie ne soient cultivées deux années de suite dans un champ contaminé. On remédie du même coup à l'effet de toxines spécifiques laissées dans la terre par les plantes, et qui seraient nocives pour la même espèce.

La protection des arbres fruitiers contre les maladies cryptogamiques (et les insectes) a pris,

ces dernières années, une grande extension, pour arriver à produire des fruits de qualité, susceptibles de soutenir, sur les différents marchés, la concurrence sévère des fruits d'origine étrangère.

Pulvérisateurs et poudreuses sont entrés en action, mais le problème mécanique s'avère ici particulièrement difficile à résoudre, étant donné la hauteur des arbres à traiter. Certains d'entre eux, les noyers en particulier, atteignent des hauteurs de 7 à 8 m. Il a fallu réaliser, pour les pulvérisateurs, des pressions élevées (de l'ordre de

20 à 40 atmosphères), et imaginer des lances spéciales, montées sur de longues perches, pour pouvoir atteindre le sommet des arbres.

La lutte contre les parasites animaux

Le nombre de ces parasites augmente sans cesse. La cause principale provient vraisemblablement de l'activité des échanges internationaux, accrue depuis un demi-

siècle par les facilités de transports. Ainsi les nations s'échangent-elles des insectes indigènes, qui ne semblent éprouver aucune difficulté à s'acclimater à des régions où leur espèce n'existait pas encore : petits « cadeaux » internationaux, dus aux progrès des communications ferroviaires, maritimes, voire même aériennes. Insectes, vers, myriapodes et arachnides, qui s'attaquent aux cultures, représentent un nombre tel qu'il ne saurait être question de les énumérer ici. Nous nous contenterons de passer rapi-

dement en revue les principaux types de traitements actuellement en usage.

Là encore, pulvérisateurs et poudreuses entrent en action. Arrêtons-nous toutefois un instant sur la lutte acharnée que le cultivateur français vient d'engager contre un des derniers venus, le trop fameux *doryphore* de la pomme de terre, « importé » récemment d'Amérique. Solutions et poudres arsénicales sont employées à hautes doses, mais leur efficacité ne saurait être certaine et durable qu'autant que les traitements sont généralisés : l'anéantissement de l'insecte dans une



(Jean Beau, constructeur.)

FIG. 8. — POUDEUSES A GRAND TRAVAIL

Ces appareils servent à la lutte contre le doryphore de la pomme de terre. Huit rangs sont traités à la fois. La poudre insecticide, à base d'arsenic, est projetée sur les fanes de pommes de terre au moyen de buses déterminant des nuages tourbillonnants qui viennent atteindre les parties extérieures et intérieures des organes végétatifs. La pression nécessaire à cet épandage est assurée par une turbine commandée par un petit moteur annexé monté sur le bâti de la poudreuse.

région ne peut s'espérer que si tous les champs envahis sont traités. Or, en l'absence d'une législation rigoureuse, imposant énergiquement le traitement par tous, l'individualisme connu du paysan est cause de nombreuses dissidences. Aussi, si l'attaque du doryphore peut être enrayerée provisoirement dans un champ, on doit s'attendre à recommencer le traitement les années suivantes, les champs non traités se chargeant de contaminer à nouveau toute la région environnante.

En attendant, l'invasion continue. Le cultivateur n'a plus que la ressource de faire à nouveau appel à sa philosophie, heureusement inépuisable, et de se résigner à vivre avec un ennemi de plus...

Un autre moyen de défense contre les insectes, utilisé plus spécialement en arboriculture, consiste à « gazer » ces parasites. On utilise à cet effet de grandes « cloches », composées de toiles, le plus souvent caoutchoutées, dont on coiffe les arbres, et à l'intérieur desquelles on provoque un dégagement d'acide cyanhydrique.

On fait appel également, en grande culture, en viticulture et en culture potagère, aux pièges lumineux et aux rayons ultraviolets pour la destruction des insectes ailés. Les pièges lumineux consistent le plus souvent en phares à acétylène installés la nuit dans les vergers et les potagers. Au-dessous de ces phares, on dispose des récipients contenant un liquide quelconque, dans lesquels tombent les insectes après s'être brûlé les ailes à la flamme qui les a attirés.

Les rayons ultraviolets ont été également essayés avec quelque succès : un brûleur-producteur de rayons ultraviolets est placé au-dessus d'une cage métallique au bas de laquelle se trouve un aspirateur. Les insectes ailés de tous genres sont attirés par les rayons et aspirés au fond de la cage.

En culture florale, on a recours à l'ébullantage pour la lutte contre les pucerons : des chaudières portatives projettent l'eau

bouillante ou la vapeur sur les feuilles et tiges envahies par les insectes.

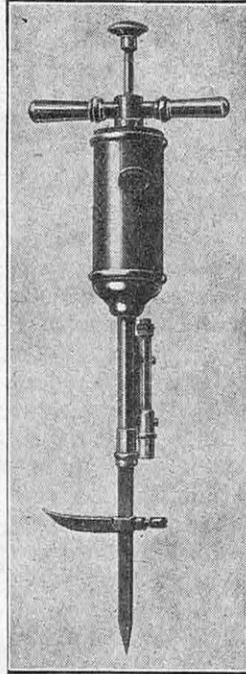
La lutte biologique a été également entreprise. Quand une espèce animale quelconque se multiplie exagérément, il ne tarde pas — toujours en vertu des lois d'équilibre — à survenir des maladies contagieuses qui limitent son développement. En prélevant ces microbes pathogènes, et en faisant des cultures, il devient ainsi possible de les inoculer aux insectes de même espèce de régions non encore contaminées. On utilise pour cela la propriété que possèdent certains de ces microbes de se conserver à l'état de spores. On arrive ainsi à préparer des poudres contenant des milliards de germes par gramme.

Enfin, on essaye depuis quelques années, en Allemagne, l'électricité comme moyen de défense contre les parasites des plantes arbustives. Une des solutions consiste à faire passer un courant dans l'arbuste, en fixant une électrode à une des racines et l'autre au sommet de la tige. On a essayé également de traiter les vignobles par ce procédé, en reliant un fil à un rang de vigne et l'autre au rang voisin : un

courant de 1 ampère sous une tension de 1 000 volts, serait suffisant pour détruire les parasites sur une cinquantaine de ceps.

La lutte sous terre a été entreprise de différentes façons contre les insectes habitant le sol.

Pour lutter contre



(Vermont, constructeur.)

FIG. 9. — PAL INJECTEUR DE SULFURE DE CARBONE

L'opérateur appuie à la fois sur les deux poignées fixées au sommet de l'appareil et sur la pédale solidaire de l'aiguille, pour faire pénétrer cette dernière dans le sol : puis, en agissant sur le bouton fixé sur la tige du piston, il injecte la dose de sulfure prévue. Le réglage de cette dose est obtenu en faisant varier la course du piston par un système de blocage approprié.

le phylloxéra, on s'est servi de *pals injecteurs* (fig. 9), sortes de grosses seringues dont on enfonce la pointe dans le sol. Cette pointe est percée d'une canalisation par laquelle on injecte du sulfure de carbone, au moyen d'une pompe actionnée par la poignée qui sert à introduire le pal en terre.

On pratique aussi, dans les jardins, l'asphyxie de toute la vermine infestant le sol (vers blancs, limaces, larves, etc.) en déposant dans des trous pratiqués au plantoir, tous les 40 cm environ, des petits morceaux de carbure de calcium ; en présence de l'humidité,

dité de la terre, il se produit de l'acétylène gazeux qui pénètre dans les espaces lacunaires et les fissures du sol.

Rappelons enfin qu'on a employé avec succès l'inondation (chaque fois que la situation géographique le permettait) pour « noyer » le phylloxéra.

Lutte contre les rongeurs

Rats, souris, mulots, campagnols et lapins s'acharnent à leur façon contre nos cultures. Rats et souris font surtout des dégâts dans les gerbes de céréales entassées en granges ou en meules, en attendant le battage. Pièges, poisons et virus sont alternativement employés pour restreindre les pertes. On avait fondé en particulier de gros espoirs sur l'emploi du « virus Pasteur », culture microbienne communiquant aux rats une maladie contagieuse. Malheureusement, certains en réchappent et sont, dès lors, vaccinés, ainsi que leur proche descendance, contre de nouvelles ingestions de ce virus.

Les mulots et campagnols opèrent surtout dans les champs. Les campagnols sont les plus dangereux : ils déracinent les plantes, coupent les tiges et mangent le grain. On tente quelquefois de les détruire en « gazant » leurs galeries, avec des vapeurs d'anhydride sulfureux. Le matériel de gazage consiste, soit en cartouches qu'on introduit à l'entrée des galeries, soit mieux au moyen d'un syphon spécial contenant de l'anhydride sulfureux liquide. Ce système est également employé avec succès dans les terriers de rats, de renards, de blaireaux et de lapins.

Puisque nous parlons de lapins, indiquons les moyens propres à en préserver les récoltes. A part la destruction au fusil ou aux gaz, bien des procédés ont été proposés pour les écarter des champs ensemencés (ficelles pétrolées ou goudronnées, etc.). Le système qui paraît le plus efficace, consiste à entourer le champ d'un grillage de 1 m de hauteur environ, enterré d'une quinzaine de centimètres, et comportant à sa partie supérieure un « bas-volet », disposé extérieurement au champ, pour empêcher les lapins de grimper.

La lutte contre les corbeaux

Les corbeaux sont très friands des germes de céréales, et font des dégâts sévères dans les champs récemment ensemencés. On a cherché à les éloigner par des ficelles tendues en travers du champ, ou à les « impressionner » par des cadavres de corbeaux pendus au bout de perches. On pratique aussi le trempage préalable des semences dans des solutions à base de goudrons. Les corbeaux, n'ayant guère de prédilection pour cette odeur, préfèrent aller dévaster... le champ d'un voisin qui n'aura pas traité ses semences de cette façon.

Le moyen le plus efficace consiste à disposer au milieu du champ un « appareil à pétards ». Ces appareils consistent en un bâti supportant un chapelet de pétards réunis entre eux par un cordon dont la longueur est calculée pour que les pétards partent à intervalles réguliers (toutes les demi-heures par exemple). Dans certains systèmes, c'est un mouvement d'horlogerie qui est chargé du soin de commander l'explosion successive des cartouches.

Nous nous sommes contentés d'exposer dans ces lignes les principaux moyens de lutte dont dispose actuellement le cultivateur contre ses ennemis les plus redoutés des règnes animal et végétal ; à cet arsenal déjà imposant, il y a lieu d'ajouter celui, non négligeable, lui permettant de préserver avec plus ou moins de succès, ses cultures contre l'inclémence des agents atmosphériques : vent, froid, humidité, sécheresse et grêle.

N'est-il pas curieux de constater que les moyens employés ressemblent, en beaucoup de points, à ceux faisant partie du matériel de guerre moderne : canons, avions et fusées (paragrêle), gaz toxiques, lance-flammes, guerre microbienne, et même les « rayons de la mort », qui ne semblent heureusement pas avoir été mis au point pour les guerres humaines, alors que nous venons de les voir employés avec succès contre les insectes ailés ?

TONY BALLU.

Il existe en Californie une pipe-line sous-marine pour le transport du pétrole, destinée à permettre le chargement des navires-citernes auxquels leur tirant d'eau interdit d'accoster les appontements existants. Elle comporte deux canalisations parallèles longues de 1 100 m, alimentées par des réservoirs en charge installés sur un plateau à 100 m au-dessus du rivage, et aboutissant à des flexibles attachés à des bouées. Le pétrole brut visqueux est chauffé à 50° C pour augmenter sa fluidité ; à la fin du chargement, et avant refroidissement, on chasse le brut de la conduite par du gas oil léger et ce dernier par de l'eau, si la pipe-line doit demeurer inutilisée.

REALISERA-T-ON, UN JOUR, UNE MACHINE VOLANTE PROPULSEE PAR LA SEULE PUISSANCE MUSCULAIRE ?

Par Henry GIRERD

DOCTEUR ÈS SCIENCES

La première solution envisagée par les chercheurs qui ont tenté de s'élever dans les airs a été l'imitation du vol des oiseaux. Les échecs répétés qui ont marqué ces tentatives et le succès rapide de l'avion depuis une trentaine d'années les ont détournés du problème de la machine volante uniquement mue par la puissance musculaire humaine. Depuis quelques années, le développement du vol à voile a montré qu'une connaissance précise des courants aériens permettrait d'économiser dans une large mesure cette puissance, et a donné une nouvelle actualité à la question du vol musculaire. La théorie et l'expérience montrent que le planeur propulsé par des pédales actionnant une hélice n'utilise la puissance développée par le pilote qu'avec un rendement déplorable. Par contre, le vol humain, battu et plané, semble possible, mais ne pourra être réalisé que lorsque nous aurons su, par des études cinématographiques et l'emploi de procédés de visualisation des filets d'air (1), observer avec précision le vol des oiseaux et des insectes. L'aile battante, en effet, est réalisée avec une extrême simplicité dans la nature, mais elle ne pourra être construite à l'échelle humaine que lorsque nous disposerons d'un matériau à la fois léger, flexible et robuste comme l'est la plume de l'oiseau ; peut-être ces qualités pourront-elles être réunies par une de ces matières plastiques, créations de la chimie organique, dont les laboratoires industriels améliorent chaque jour les propriétés mécaniques.

LE vol musculaire, c'est-à-dire le vol par les propres moyens de l'homme, apparaît essentiellement comme le « rêve éternel d'Icare ». Se déplacer dans l'atmosphère comme l'oiseau, ne dépendre ni de la panne du moteur ni de la violence du vent, idéal sportif vers lequel tant de générations de chercheurs ont tendu : est-ce autre chose qu'un rêve ? La technique moderne nous donne-t-elle des raisons d'espérer qu'il sera un jour possible d'enfourcher une machine volante que nos bras et nos jambes animeront de cette liberté qui se heurte si souvent aux lois inéluctables de la nature ?

Toutes les réalisations aéronautiques actuelles sont tributaires du moteur à explosion, et l'étude du vol musculaire doit remonter aux époques relativement récentes où celui-ci n'existait pas. Le savant Dédale et l'imprudent Icare sont réputés par notre civilisation gréco-latine, l'un comme le premier constructeur, l'autre comme le pilote et la première victime d'une rupture en vol, due déjà à une imprudence. La civilisation hindoue a, elle aussi, son précurseur, Hanouman, qui, sur les conseils du sage

Jambarata, parcourut une certaine distance en volant. Olivier de Malmesbury en 1060, Dante de Pérouse en 1560 se brisèrent les jambes en essayant des appareils à ailes battantes de leur invention. Léonard de Vinci dessina un grand nombre de projets d'appareils, qui ne semblent pas avoir été réalisés.

Saluons au passage les grands noms de Mouillard et d'Ader, qui commencèrent l'un et l'autre leur carrière aéronautique en cherchant à réaliser des appareils à ailes battantes, et essayons de préciser le point de vue actuel des chercheurs.

Parmi les protagonistes du vol musculaire, deux écoles sont en présence : les uns envisagent le vol battu et les autres pensent qu'un avion pourra être tiré par une hélice mue par la force humaine.

Quelle que soit la solution adoptée, il est manifeste que se pose avant tout la question de savoir quelle puissance peut développer un individu. Il semble résulter des innombrables études faites à ce sujet que la puissance d'un homme, très variable suivant les conditions et *en particulier* suivant la durée du travail fourni, ne peut, en aucun cas, dépasser un cheval et, dans un travail prolongé, ne peut guère dépasser un tiers ou

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 132.

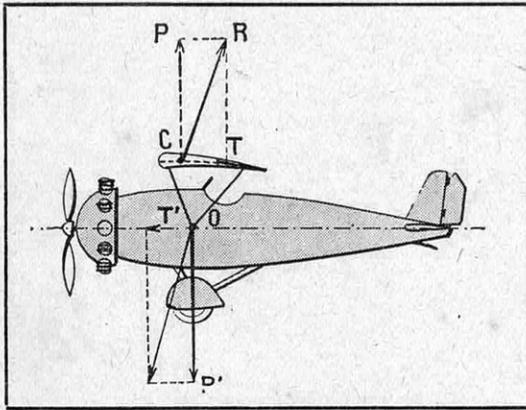


FIG. 1. — PRINCIPE DE LA SUSTENTATION D'UN AVION EN VOL

Dans le cas d'un déplacement horizontal à vitesse constante, les forces : P' , poids de l'avion ; P , poussée de l'air, d'une part ; T' , traction de l'hélice ; T , traînée, d'autre part, sont en équilibre.

un demi-cheval, même pour des athlètes très entraînés. M. Charles Faroux, au cours du Tour de France cycliste de 1936, a déterminé les temps de montée de différents coureurs dans les Alpes ou les Pyrénées. Il a trouvé que la puissance développée ne dépassait guère 1 demi-cheval. On trouve un résultat analogue en étudiant la performance de Richard, ex-recordman du monde de l'heure. La résistance à l'avancement de ce coureur a été déterminée à la soufflerie Eiffel dans sa position de roulement. Compte tenu des incertitudes d'une telle détermination en soufflerie, il apparaît que, pour parcourir 45 km dans l'heure, Richard, dont la résistance à l'avancement est de 3,1 kg à la vitesse de 12,5 m/s, a dû fournir une puissance de 38,75 kgm/s (1). Ceci en négligeant les résistances de roulement et en ne tenant compte que de la résistance à l'avancement. On peut donc estimer qu'un tel coureur doit fournir au moins 40 kgm/s, soit un peu plus d'un demi-cheval, et ceci pendant une heure.

Nous admettrons donc ce chiffre d'un demi-cheval comme puissance moyenne maximum que peut fournir un individu, et nous allons chercher si elle suffit pour assurer la sustentation. Pour bien comprendre ce problème, il est indispensable de rappeler comment vole un avion à moteur actionnant une hélice, dans le cas le plus simple du vol horizontal (fig. 1).

La réaction aérodynamique de l'air sur un avion en mouvement est une force dirigée vers le haut et l'arrière et que les aérody-

(1) Une puissance de 1 ch correspond à 75 kgm/s.

namiciens ont pris l'habitude de décomposer en deux composantes, l'une dirigée dans la direction du vent relatif et opposée à l'avancement, c'est la *traînée*. L'autre perpendiculaire au vent relatif ; c'est la *portance* ou *sustentation*. On constate que ces forces sont proportionnelles à la surface de l'appareil et au carré de la vitesse et dépendent de l'incidence de l'avion sur sa trajectoire.

La sustentation, force utile, équilibre le poids de l'appareil et empêche celui-ci de tomber ; la traînée, nuisible, est équilibrée par la force de traction de l'hélice.

Pour un appareil de surface portante et de forme données, la portance nécessaire pour équilibrer le poids détermine la vitesse à laquelle l'équilibre vertical devient possible ; cette vitesse à son tour détermine la traînée et, par conséquent, la force de traction de l'hélice. La puissance dépensée est le produit de la traction de l'hélice par la vitesse de l'avion.

Si l'on veut, sans se préoccuper de la vitesse atteinte, voler avec le minimum de puissance dépensée, il faudra, pour un poids donné, augmenter le plus possible la portance de l'appareil, tout en diminuant sa traînée. Dans l'état actuel de la technique, les planeurs les plus légers et les mieux profilés ne permettent cet équilibre vertical qu'avec

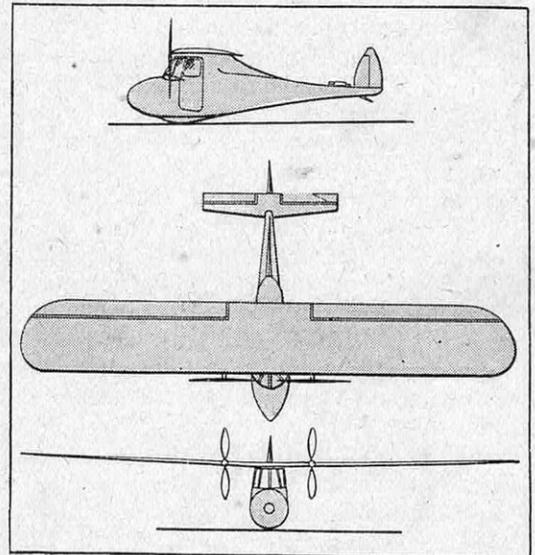


FIG. 2. — L'AVION BOSSI-BONOMI A PROPULSION MUSCULAIRE

Cet appareil est mû au moyen d'un système de pédales et de deux hélices. Lâché d'une hauteur de 6 m, il a réalisé un vol de 900 m en 71 s, soit 46 km/h. Voici ses caractéristiques : envergure, 17 m ; longueur, 6,2 m ; surface, 20 m² ; poids à vide, 90 kg ; poids en vol, 168 kg.

des puissances supérieures à la puissance humaine.

Si l'on considère un avion de construction comparable aux meilleurs planeurs de vol à voile, pesant 150 kg pour 15 m² de surface portante, la puissance de traction de l'hélice devra être de 103 kg, soit environ 1,5 ch. Si l'on tient compte du rendement de la transmission et du rendement de l'hélice, on voit que nous sommes encore très loin de compte.

Si, prenant le problème en sens inverse, nous calculons quel poids un appareil de

diminuer l'angle de descente de l'appareil. Il semble qu'il ne faille pour le moment voir dans ces recherches que la possibilité d'augmenter les performances des planeurs de vol à voile qui, utilisant l'énergie musculaire des pilotes, pourront trouver, dans des ascensions inutilisables actuellement, l'appoint nécessaire à leur sustentation.

D'autres chercheurs ont pensé trouver dans le vol battu mécanique la solution de ce problème. Le nombre des essais infructueux est considérable, et, sauf la légende, personne

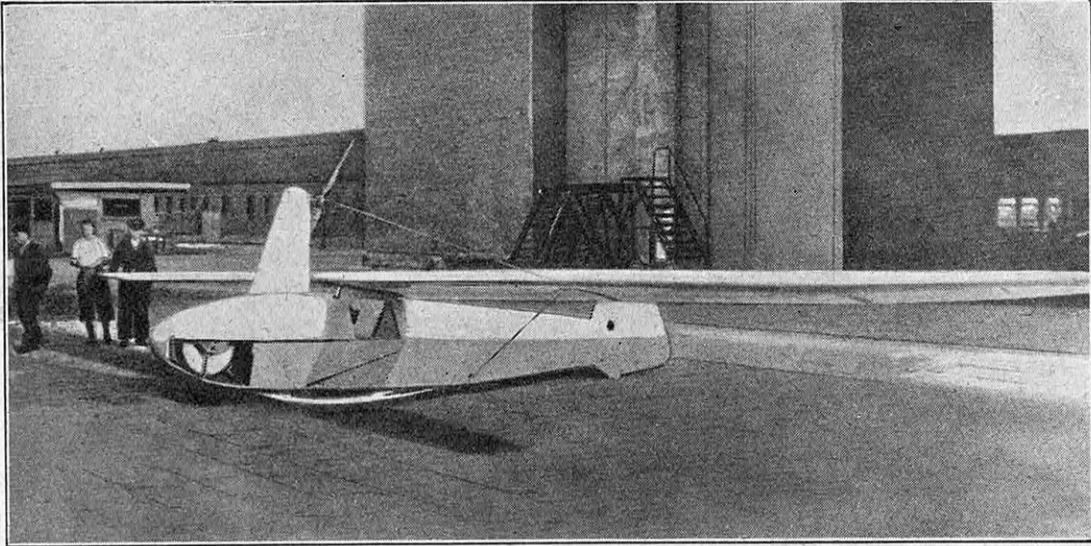


FIG. 3. — L'AVION A MOTEUR MUSCULAIRE DE HAESSLER ET VILLINGER

Voici quelques-unes des caractéristiques de cet appareil : poids en état de marche : 46 kg ; poids en vol, 111 kg ; envergure, 13,5 m ; surface, 9,65 m² ; vitesse de chute minimum, 0,52 m/s ; meilleure vitesse de vol, 45 km/h ; meilleure performance obtenue, 427 m. La puissance musculaire utilisée était d'environ 0,9 ch. On remarquera que la faible vitesse de chute de cet appareil en fait un excellent planeur et que l'énergie musculaire pourrait servir d'appoint pour traverser les passages difficiles.

même surface portante mû par la force humaine serait capable de soulever en admettant une puissance de 40 kgm/s et un rendement de la transmission et du propulseur égal à 0,6, soit une puissance de traction effective égale à 24 kgm/s, on trouve que le poids total de l'appareil ne devrait pas excéder 35 kg, pilote compris.

On touche ici du doigt l'impossibilité actuelle du vol humain en utilisant un planeur traîné par une hélice. Ces résultats ont été confirmés par l'expérience. En effet, les Italiens Bonomi et Bossi, d'une part, et les Allemands, d'autre part, ont cherché à réaliser de semblables appareils. Il apparaît que ni les uns ni les autres n'ont pu réaliser de véritables vols sans le secours d'autre énergie que celle du pilote, et que l'appoint apporté par celui-ci a simplement permis de

ne peut affirmer avoir effectivement volé en battant des ailes. Certains théoriciens, et non des moindres, affirment que « l'avion ne sera pas plus à ailes battantes que l'automobile à pattes ». D'autres, au contraire, et parmi eux Karman, assurent que si l'on avait dépensé en recherches sur le vol battu le dixième des sommes englouties dans l'étude de l'avion à ailes fixes, celui-ci serait réalisé depuis longtemps.

En fait, la plupart des savants ont toujours considéré que le vol battu était une utopie, fondant d'ailleurs leur conviction et sur des raisonnements qui semblent corrects, et sur le fait que de nombreux précurseurs, parmi lesquels il faut citer Mouillard et Ader, ont abandonné le vol battu qui ne leur avait donné que déboires.

Contre le vol battu, on peut dire que la

répétition d'efforts alternés, efforts aérodynamiques et efforts d'inertie sur les ailes, provoqueront très rapidement la destruction de l'appareil, et que la périodicité de la sustentation obtenue par le battement provoquera des oscillations constantes de l'appareil, désagréables pour le pilote.

Pour le vol battu, on peut, au contraire, affirmer que les oiseaux volent des heures durant sans fatigue apparente, et surtout sans rupture en vol, et que la rapidité et la souplesse de leurs évolutions, surtout aux moments de leur envol et leur atterrissage sans vitesse, constituent une des marques essentielles de la sécurité de ce mode de vol.

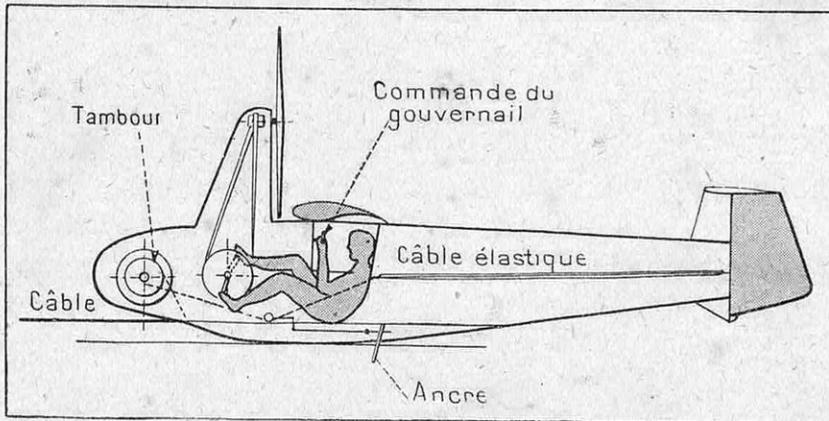


FIG. 4. — DISPOSITIFS DE PROPULSION, DE COMMANDE ET DE LANCEMENT DE L'APPAREIL HAESSLER ET VILLINGER

L'appareil quitte le sol par ses propres moyens : un câble, dont une extrémité est fixée au sol, se raccourcit brusquement en s'enroulant sur un tambour mû par un élastique à l'intérieur de l'avion. Quand le câble a atteint une certaine inclinaison, il se décroche du sol.

Nous avons vu dans un précédent article (1) et les difficultés d'étude et les difficultés d'interprétation des résultats expérimentaux obtenus sur le vol des oiseaux et des insectes. Essayons de montrer comment on peut tirer de cette étude une orientation pour la réalisation d'un avion à ailes battantes.

Tout d'abord, les physiologistes pensent que la puissance par kilogramme d'animal que peut donner un oiseau ne doit pas être extrêmement différente de celle que peuvent donner les autres mammifères, et l'homme en particulier. Donc, puisque l'oiseau est capable de voler, l'homme, à condition de ne pas vouloir emporter une machine beaucoup trop lourde, doit, lui aussi, arriver à se sustenter. D'ailleurs, l'objection que les gros oiseaux comme l'autruche ne volent pas ne tient pas devant la remarque que de très petits oiseaux ne volent pas non plus, et

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 251, page 369.

qu'aux temps préhistoriques, des oiseaux pesant 150 ou 300 kilos volaient, nous disent les paléontologistes.

Il est manifeste que tous les « volateurs », qu'ils soient insectes, oiseaux ou mammifères, volent d'une façon analogue. J'entends par là que schématiquement le mouvement de leurs ailes est comparable chez toutes les espèces, et que le résultat extérieur de ce mouvement est toujours identiquement le même : il y a chasse d'air dans la direction opposée au mouvement, vers le bas quand l'animal est au point fixe ou se déplace verticalement, vers le bas et l'arrière quand l'animal se déplace vers l'avant, sur le côté quand l'insecte, par exemple, change brusquement de direction.

Il est remarquable aussi de constater la souplesse des ailes de tous les « volateurs ». Que ce soit l'aile diaphane de la mouche, celle irisée du papillon ou celle plus complexe de l'oiseau, on est surpris, en examinant les photographies, de constater des flexions qui laissent rêveurs les constructeurs de machines. Le maté-

riau utilisé par la nature pour réaliser les plumes des oiseaux supporte des déformations élastiques très supérieures aux déformations élastiques des matériaux de construction habituellement utilisés en aéronautique.

Enfin, la simplicité de la commande du mouvement de l'aile aussi bien chez l'oiseau que chez l'insecte est extraordinaire. Un tendon tirant directement sur l'humérus provoque l'abaissement, un autre passant sur une poulie de renvoi provoque la relevée. Chez l'insecte, ce sont les déformations élastiques du corselet qui obtiennent le même résultat.

Il ne semble pourtant pas que, jusqu'à présent, les inventeurs qui se sont préoccupés du vol battu aient envisagé le problème sous ce double point de vue de l'élasticité et de la simplicité. Une explication est la suivante. Avant de se lancer dans la construction d'un appareil en vraie grandeur, on cherche à réaliser une maquette à petite

échelle. Cette maquette doit comporter un moteur qui est en général rotatif, et doit tourner vite pour avoir un bon rendement. La nécessité de réduire de vitesse et de transformer en mouvement alternatif le mouvement de rotation continu du moteur augmente la complexité du mécanisme.

Il semble, par contre, que le vol battu à moteur humain doit être réalisable à cause de la simplicité de la commande des ailes par les actions alternées des bras et des jambes

aux régimes tourbillonnaires qui se forment en arrière des ailes, que ces tourbillons soient liés à la limitation de l'envergure ou aux décollements de l'air sur les surfaces, chez l'oiseau ces tourbillons ne semblent pas exister.

D'autre part, l'aile de l'oiseau est à la fois sustentatrice et tractrice, alors que chez l'avion l'aile uniquement sustentatrice est traînée par l'hélice, seul organe tracteur. Le rendement d'une aile propulsive intéres-

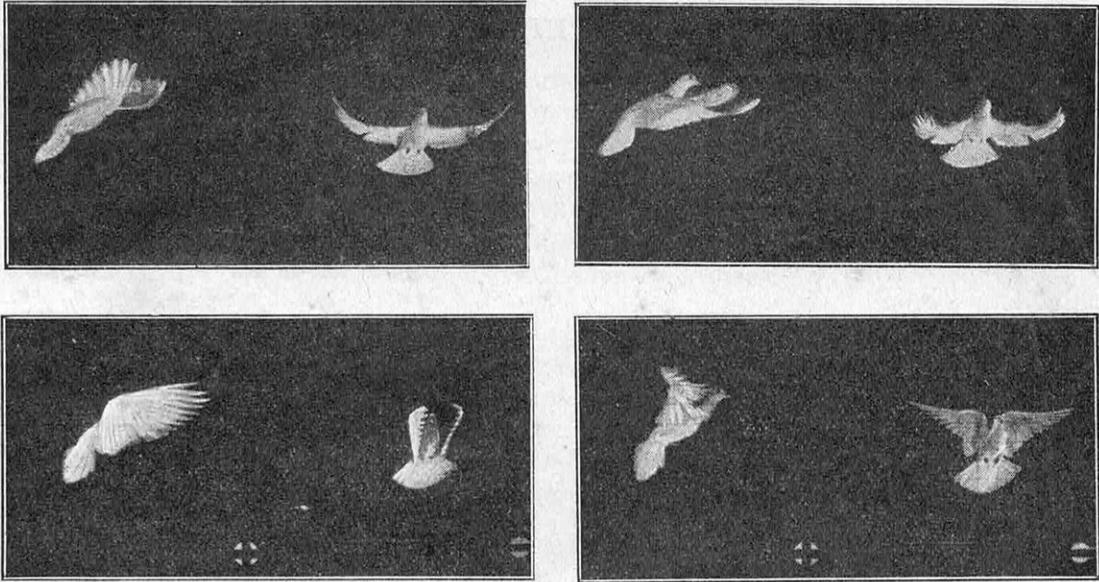


FIG. 5. — ENREGISTREMENTS CINÉMATOGRAPHIQUES DU VOL D'UN PIGEON

Ces quatre photographies représentent quatre phases du vol d'un pigeon. Elles donnent une idée de l'extraordinaire souplesse des ailes et des plumes, qui résistent à des flexions très accentuées.

du pilote, mais il ne sera réalisé que quand l'étude des oiseaux aura permis de comprendre toutes les phases du battement, et que des études, aussi bien d'aérodynamique que de résistance des matériaux, auront permis et de connaître les actions de l'air sur une surface en mouvement discontinu, et de trouver un matériau aussi souple et aussi résistant que celui qui constitue les ailes des insectes ou des oiseaux.

On peut, dès aujourd'hui, prévoir que le rendement d'une machine volante à aile battante sera supérieur à celui d'un avion actuel, car il semble bien que si la résistance à l'avancement d'un avion est surtout due

sant toute l'envergure de l'animal doit être supérieur à celui de l'hélice de 3 ou 4 mètres de diamètre travaillant devant les 10 mètres d'envergure passive de l'avion.

Toutes ces considérations permettent de penser que si l'avion à aile battante, malgré le renom d'utopie qui est le sien, finit par intéresser un constructeur suffisamment bien outillé et décidé à le mener à bien, celui-ci trouvera la solution du vol musculaire, alors que la solution actuelle, avec les progrès que les gros tonnages permettent de lui apporter, restera la solution de la vitesse, de la longue distance et des lourdes charges.

HENRY GIRERD.

« Je crois invinciblement que la science et la paix triompheront de l'ignorance et de la guerre, que les peuples s'entendront, non pour détruire, mais pour édifier. »

PASTEUR.

PRENONS L'ÉCOUTE

UN MÉTAL RARE, LE GALLIUM, ET SES APPLICATIONS NOUVELLES

Découvert en 1875 par le Français Lecoq de Boisbaudran, le gallium n'a eu longtemps qu'un intérêt de curiosité ; pour en isoler 1 gramme, il ne fallait pas traiter moins de 50 à 100 kg de blende (minerai de zinc) et la complexité des réactions successives élevait son prix de revient d'une manière prohibitive. Aujourd'hui, le gallium demeure un métal cher (de 100 à 150 f le gramme), mais on en fabrique des quantités appréciables aux Etats-Unis, en Angleterre et surtout en Allemagne qui jouit, dans ce cas particulier, d'une sorte de monopole de fait (1). Elle en produit 50 kg par an environ.

Le gallium est un métal qui, dans la classification de Mendeleïeff, fait partie d'un groupe qui rassemble le zinc et le germanium, l'aluminium et l'indium. Il est très répandu dans la nature, mais sa concentration est infime, de l'ordre du cent millième dans la bauxite et la blende, ce qui explique les difficultés de son extraction. C'est un métal brillant, dont le point de fusion est relativement bas (29° C), et qui, à l'état liquide, prend un aspect brillant rappelant celui du mercure, auquel on a pu le substituer avec avantage dans certaines applications.

Tel est le cas, par exemple, de la mesure des hautes températures, pour laquelle le thermomètre à mercure, avec un gaz inerte sous pression, peut servir jusqu'à 750° C ; mais ses indications sont fortement entachées d'erreurs par suite du bas point d'ébullition du mercure (357° C). Le gallium, au contraire, ne bout qu'à $2\ 000^{\circ}$ C, de sorte que sa tension de vapeur demeure négligeable même à $1\ 000^{\circ}$. Cependant la réalisation de thermomètres au gallium est très délicate, car la moindre impureté provoque l'adhérence du gallium au verre ou au quartz.

Le gallium peut également se substituer au mercure dans l'appareillage électrique, en particulier dans les redresseurs à vapeur de mercure et surtout les lampes à rayons ultraviolets dont la cathode en mercure peut être remplacée par un alliage fusible et facilement vaporisable d'aluminium et de gallium, avec même, en cas de besoin, de légères additions de mercure, de cadmium ou de bismuth. Dans la lumière rayonnée par de telles lampes, les radiations ultraviolettes et bleues sont complétées par des radiations jaunes et rouges qui permettent d'en envisager l'emploi pour l'éclairage, en remplaçant le quartz perméable aux rayons ultraviolets par du verre ordinaire qui les arrête.

C'est encore en concurrent du mercure que se présente le gallium pour la confection des alliages spéciaux servant aux obturations dentaires. On sait que certains praticiens vont jusqu'à soutenir que, les vapeurs de mercure étant nocives, les personnes qui portent un amalgame peuvent en ressentir à la longue les effets, puisque tous les corps, même les solides, possèdent une tension de vapeur, aussi faible soit-elle. Différents alliages à base de gallium ont pu être mis au point (en particulier gallium-zinc-bismuth) ; ils se laisseraient parfaitement travailler, posséderaient une résistance et une dureté comparables à celles des meilleurs amalgames et résiste-

(1) Voir Dr. Einecke (Revue *Umschau* du 12 mars 1939).

raient à la corrosion, à condition d'éviter le contact avec d'autres métaux plus « nobles ».

Signalons encore, dans un tout autre domaine, que, d'après certaines observations, le gallium (et le germanium) pourraient jouer un rôle important comme « engrais catalytiques » (1) pour favoriser, par leur présence en quantité très faible dans des engrais artificiels, la croissance et la productivité des cultures végétales.

LA HAUTEUR « ÉCONOMIQUE » DES GRATTE-CIEL NORD-AMÉRICAINS

D'après une étude de l'*American Institute of Steel Construction*, la hauteur « économique » d'un gratte-ciel édifié dans le quartier le plus vivant de New York : Manhattan, où le terrain coûte 54 000 f environ le mètre carré, serait de 63 étages.

Ce nombre est en effet celui qui assure un rendement maximum aux capitaux investis dans l'achat du terrain, le paiement de la construction et le service des intérêts intercalaires pendant une période d'utilisation de l'immeuble raisonnablement déterminée ; l'amortissement a été prévu en 33 ans.

Le rendement, qui n'est que de 4,2 % pour l'immeuble de 8 étages, croît régulièrement jusqu'à 10,25 % pour l'immeuble de 63 étages, en accusant ensuite une tendance à décroître.

La valeur du terrain a une influence prépondérante sur ce rendement, car ce n'est qu'à partir de l'immeuble de 37 étages que le coût de la construction commence à dépasser celui du terrain.

Pour donner une idée des prix des gratte-ciel, nous donnons ci-après quelques chiffres pour un immeuble de 63 étages. Coût total : 978 millions de francs, dont 465 pour le terrain et 513 pour la construction ; revenu brut : 157 millions pour 26 millions de frais d'exploitation et 21 millions d'impôts. Rappelons que l'*Empire State Building*, l'édifice le plus élevé du monde (385 m), compte 102 étages.

UN CARBURANT SANS CARBONE : L'AMMONIAC

Bien qu'ils puissent utiliser, en principe, des produits de qualité inférieure, les procédés d'obtention de carburants de synthèse à partir des charbons ont tous — il faut bien l'avouer — le défaut commun de demander à notre sol un produit dont il n'est déjà pas bien riche ; c'est là ce qui confère quelque intérêt aux combustibles ne contenant pas de carbone, tel l'ammoniac additionné d'hydrogène dont M. G. Benoist montrait dernièrement, dans la *Revue des Carburants Français*, la possibilité d'emploi dans les moteurs ordinaires, possibilité qui vient confirmer l'opinion émise dans ces colonnes par M. Guillaumin (2) concernant l'intérêt que peut présenter l'hydrogène associé à un élément « modérateur ».

L'emploi de l'ammoniac exige évidemment un équipement assez spécial ; mais, chose particulièrement intéressante, le réservoir ne pèse, tout compris, que le double d'un réservoir d'essence, donc beaucoup moins que des bouteilles de gaz de ville comprimé, le tout compté « à calories égales ». Le nouveau combustible — résultant de l'union directe de l'azote de l'air et de l'hydrogène électrolytique, selon les méthodes déjà classiques (3) de synthèse sous pression : procédés Claude, Haber, Casale, Fauser, etc. — est donc obtenu à partir de matières premières gratuites et disponibles en quantités illimitées ; sa fabrication entraîne, il est vrai, une consommation très élevée d'énergie électrique, mais nous savons que c'est vers cette dernière que l'on doit inévitablement se tourner chaque fois que l'on envisage une utilisation plus directe et plus rationnelle de la source première de toute énergie : le Soleil, source qui n'est heureusement pas près de tarir (4).

Dans l'application pratique, telle que l'envisage M. Benoist, le véhicule porte,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 62. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 481. —

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 147, page 180. — (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 196.

à la suite du réservoir d'ammoniac (1), un catalyseur décomposant une certaine proportion du produit (environ 5 à 10%), de manière à libérer la faible quantité d'hydrogène indispensable à l'inflammation facile du mélange; l'ammoniac, en effet, prend feu difficilement, mais on conçoit qu'il faille voir là un avantage, du fait de la suppression pratiquement complète des risques d'incendie.

Un autre gros avantage du nouveau carburant réside dans son pouvoir antidétonant très marqué, permettant d'accroître notablement la compression; or, *la compression, c'est le rendement!* Cet effet antidétonant est à ce point prononcé que l'addition à très faible dose (moins de 6%) d'ammoniac à l'essence ordinaire permet d'élever sensiblement la compression, donc de diminuer la consommation et d'accroître la puissance. En outre — et toujours d'après les résultats d'essais de la *Phillips Petroleum Corporation*, qui exploite le nouveau procédé — l'ammoniac associé au plomb-tétraéthyle constitue un nouvel exemple de ces phénomènes encore mystérieux que l'on groupe sous le nom d'« actions synergétiques » : l'effet antidétonant total du mélange est nettement supérieur à la somme des effets correspondant à chacun des constituants pris séparément. Et c'est ainsi que, petit à petit, le moteur thermique et son combustible s'acheminent tout doucement vers la limite théorique que Carnot a pu — sans grand risque — assigner à leur rendement.

TÉLÉPHONE, SECTEUR ÉLECTRIQUE ET AUTARCIE

On a formé le projet, au Japon, d'utiliser, comme lignes d'abonnés au service téléphonique, les lignes de distribution d'éclairage électrique. Au courant du réseau lumière de 50 ou 60 pér/s seraient superposés des courants porteurs de 20 000 à 40 000 pér/s qui, à leur tour, seraient modulés par les courants téléphoniques. D'après les essais effectués jusqu'ici (2), ce procédé ne serait utilisable que sur des distances inférieures à 2 km; mais les frais seraient considérablement inférieurs à ceux qu'entraîne l'établissement de lignes ordinaires. Par exemple, lors de l'installation de cinq postes téléphoniques sur une distance de 1 km, ils ne dépasseraient pas le cinquième des frais à couvrir pour un système de raccordement normal. On prévoit au Japon que ce système conviendrait à merveille aux collectivités rurales. Rappelons que le procédé de téléphonie par courants porteurs (3) a subi au cours de ces dernières années d'importants perfectionnements et qu'il joue actuellement un rôle important dans la technique des communications par câbles à grande distance, pour la diffusion des émissions radiophoniques sur les fils du réseau téléphonique (4), ainsi que pour les communications de service sur les grands réseaux d'énergie électrique européens (5). Cette même technique de téléphonie par courants porteurs a permis aux techniciens allemands de réaliser d'importantes économies de cuivre dans la construction des lignes à grande distance. Alors qu'il faut 32 kg de cuivre par voie téléphonique et par kilomètre pour une ligne aérienne de 3 mm ayant 3 canaux seulement à courants porteurs, il n'en faut plus que 1 kg par km avec un câble concentrique pour 200 canaux (câble coaxial). Malgré sa plus grande complication constructive, ce système ultramoderne permet de réaliser d'importantes économies de matières premières, ce qui est particulièrement intéressant pour l'industrie allemande. Signalons à ce propos que dans tout le domaine de la technique des télécommunications, on tend de plus en plus, en Allemagne, à remplacer le cuivre, l'étain, le nickel, etc., ainsi que les matières isolantes, en particulier la soie, le coton, le caoutchouc et les vernis d'huiles. Comme matières de remplacement, on utilise surtout d'une part l'aluminium, d'autre part la cellulose et la soie artificielle (6).

(1) Il va sans dire qu'il s'agit ici du gaz ammoniac liquéfié, et non de la solution désignée souvent sous le nom d'ammoniaque.

(2) *Journal des Télécommunications*. — (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 160, page 306. — (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 417. — (5) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 131. — (6) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 488.

SI UNE MÉTÉORITE GÉANTE RENCONTRAIT LA TERRE...

Par Pierre ROUSSEAU

Lorsqu'on tente de se représenter la circulation des astres sur leurs orbites, on les voit évoluer dans la solitude impressionnante du vide intersidéral, et leur mouvement nous apparaît comme le type même d'une oscillation sans frottement qui réaliserait le mouvement perpétuel de première espèce. Il n'en est rien et la pluie de météorites que notre planète reçoit tous les jours — et dont notre atmosphère nous protège en les freinant et en les faisant éclater — est là pour nous démontrer la fausseté de cette conception. Les espaces intersidéraux sont « remplis » d'une poussière de fragments de roches, de taille et d'origine diverses (débris d'anciens astres, petites planètes, comètes, etc...) animés de très grandes vitesses (1). Quelques-uns de ces fragments parmi les plus gros, et heureusement les plus rares, conservent, après avoir traversé l'atmosphère, une masse et une énergie énormes, provoquant au point où s'effectue leur chute des destructions considérables. Leur vitesse, lorsqu'on a pu la mesurer, a conduit à les regarder comme les vestiges d'une ancienne planète, aujourd'hui disparue, du système solaire, et leur composition analogue à celle de la terre ou du soleil confirme l'hypothèse cosmogonique suivant laquelle les planètes auraient été détachées du soleil lors d'une « marée » provoquée par le frôlement d'un autre astre.

LA Bible raconte qu'au moment où les guerriers d'Israël, sous la conduite de Josué, pourchassaient les armées des cinq rois, le Seigneur, pour achever la déroute, fit pleuvoir, du haut du ciel, de grosses pierres qui, affirme le texte sacré, firent périr plus d'ennemis que n'en abatirent les sabres des Hébreux.

Ces pierres tombant du haut du ciel étaient-elles des bolides? Nombre de commentateurs en sont convaincus, par exemple les astronomes Moulton et Nininger. N'étaient-ce pas tout bonnement des grêlons? objecte pourtant leur confrère C.-C. Wylie. A vrai dire, si nous en croyons la chronique, ce ne serait pas la première fois que des météorites auraient causé mort d'homme: Arago en cite maint exemple dans son *Astronomie Populaire*. Mais sans doute convient-il que nous définissions d'abord ce terme de météorite. Selon la *Society for Research on Meteorites*, dont nous adopterons la terminologie, on appelle maintenant *météorite* tout ce que l'on désignait hier sous le nom d'étoile filante ou de bolide, c'est-à-dire des masses de matière solide provenant des espaces célestes et dont le poids varie

de quelques milligrammes à un million de tonnes. « Ainsi, dit M. F. Baldet, la météorite est le plus petit corps céleste connu et le seul, autre que la Terre, que nous ayons pu toucher. » Le météore est le phénomène lumineux qui l'accompagne.

L'étude des météorites est d'ordinaire le lot des amateurs. Aussi ne faut-il pas s'étonner que l'on se soit longtemps contenté de la théorie de Schiaparelli, publiée en 1866, qui cataloguait toutes les météorites parmi les membres du système solaire. Cette théorie subit une révolution lorsque von Niessl et Hoffmeister annoncèrent que les météorites les plus brillantes, les plus grosses, arrivaient des étendues intersidérales. Leur thèse semblait même solidement enracinée lorsque, il y a environ deux ans, une seconde révolution la bouleversa de fond en comble. Peut-être n'est-il pas exagéré de dire que toute l'astronomie en ressentit le contre-coup, et que l'astronomie stellaire et la géophysique, en particulier, en reçurent une orientation nouvelle.

La vitesse, marque d'origine des météorites

Précisons un point essentiel. On sait que, si l'on voulait expédier un obus dans la Lune, il faudrait l'animer d'une vitesse initiale voisine de 11 km/s: c'est la vitesse *parabolique* nécessaire pour le libérer de la pesanteur. Si l'on prétendait vaincre aussi

(1) On peut ajouter que le « vide » intersidéral, même en l'absence de tout corps matériel de dimensions appréciables, contient encore par m³ (d'après les savants de l'Institut Carnegie): 1 300 000 électrons; 2 600 000 atomes d'hydrogène; 1 atome de potassium; 0,1 atome de calcium; 7 atomes de sodium; 0,000 4 à 0,000 7 atome de titane.

celle du Soleil, c'est-à-dire envoyer l'obus en dehors du système solaire, il faudrait que la vitesse, par rapport au Soleil, fût de 42 km/s : c'est la vitesse parabolique *héliocentrique*. Cela permet de tenir le raisonnement suivant :

— Observons la vitesse héliocentrique d'une météorite qui pénètre dans notre atmosphère. Si cette vitesse est supérieure à 42 km/s, cela signifie que le corps céleste est étranger au système solaire. Si, au contraire, elle n'excède pas 42 km/s, il tourne autour du Soleil, comme les planètes et les comètes, sur une orbite elliptique.

Les travaux fondamentaux, à ce sujet, sont dus à Opik, d'une part, à C.-C. Wylie, d'autre part.

Opik installa, en 1931, une mission dans le désert de l'Arizona (Etats-Unis) et il y resta deux ans, observant les météores. Ses appareils consistaient essentiellement en deux cabanes, dont le toit était percé de fenêtres munies de fils formant réticules. Cela servait à évaluer la vitesse et la direction des météores. Il obtint ainsi deux résultats : d'abord, plus la météorite est petite, plus sa vitesse est grande ; ensuite, les météorites auxquelles leur faible vitesse assigne une origine solaire ne constituent qu'une insignifiante fraction du total : 3 % environ. On verra sur la courbe de la figure 1 la relation de la fréquence avec l'éclat. On a porté, en abscisse, les magnitudes.

Pour fixer les idées, rappelons que la magnitude -5 est celle de Vénus à son plus grand éclat, la magnitude 0 celle de Vega ou d'Arcturus, et qu'une étoile de vingtième magnitude n'est visible que par la photographie. — Les ordonnées marquent la quantité de matière atteignant la Terre chaque année. On constate que la matière météoritique est distribuée suivant la courbe en cloche caractérisant les lois du hasard, et que c'est pour la magnitude 20 qu'elle est le plus abondante. Au total, cela représente, d'après Wylie, un dépôt annuel de 2 milliards de kg, soit à peu près 2 grammes par km².

Il n'est pas possible, naturellement, de déterminer la vitesse d'étoiles filantes de vingtième magnitude. On n'a pourtant pas

le moindre doute sur leur origine intersidérale, car, d'après les recherches d'Opik, déjà pour la huitième magnitude, 87 % d'entre elles dépassent 62 km/s, et l'on en a observé qui filaient à 242 et 320 km/s.

Quant aux gros bolides, c'est Wylie qui a renversé la situation. Il a montré que leurs vitesses avaient été surestimées par von Niessl et Hoffmeister, ou plutôt par les témoignages dont ils s'étaient servis. Rien n'est, en effet, difficile à juger comme la course d'un bolide. Nininger cite le cas d'une *super-intendant* d'école supérieure qui avait cru voir tomber une météorite dans le champ voisin : elle fut retrouvée à 550 km de là !

Wylie, reprenant l'examen des météores de von Niessl et Hoffmeister, en conclut donc que les vitesses avaient été exagérées, que toutes étaient inférieures à 42 km/s, les grosses météorites appartenant ainsi au système solaire. Et cela nous autorise à formuler ainsi le résumé de ce paragraphe : il y a deux sortes de météorites, les petites et les grosses ; celles-là, extrêmement nom-

breuses, — 24 millions par jour visibles à l'œil nu, d'après Wylie, — font partie d'un certain milieu intersidéral ; celles-ci sont, le plus souvent, membres de la famille planétaire. Comme c'est de ces dernières que nous nous occuperons spécialement, nous ferons une entorse à la nomenclature officielle et nous les appellerons des bolides.

Les bolides, descendants des comètes et des planètes

Que les bolides fassent partie du système solaire, la chose est encore prouvée par leur composition chimique, tout à fait analogue à celle de la Terre. Mais faut-il les ranger dans la classe des comètes ou bien dans celle des petites planètes ? Devons-nous y voir plutôt les morceaux d'une vieille planète brisée ?

Ecartons d'emblée l'idée d'une éventuelle parenté avec les petites planètes. Même pour les astéroïdes un peu fantaisistes, comme Hermès qui, le 30 octobre 1937, nous « frôla » à 731 365 km, les éléments de l'orbite diffèrent sensiblement de ceux des

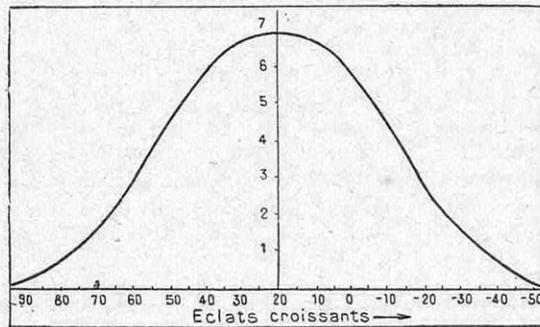
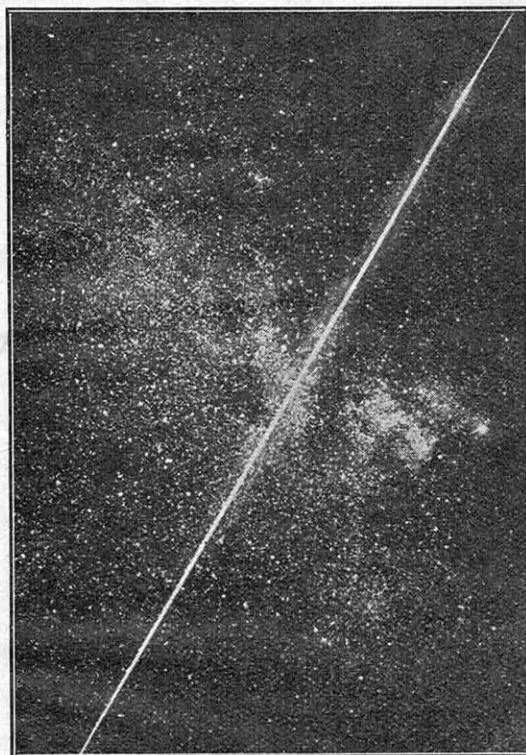


FIG. 1. — LA FRÉQUENCE DES MÉTÉORES

Les abscisses indiquent les magnitudes, et les ordonnées la quantité de matière météoritique atteignant la Terre annuellement. On voit que les météores les plus nombreux sont ceux de vingtième magnitude, perceptible seulement par photographie.

orbites météoritiques (fig. 6). Du reste, on n'a jamais entendu dire qu'un tel astéroïde — dont le diamètre, ne l'oublions pas, est de l'ordre du kilomètre — fût tombé sur la Terre, alors que nous recevons un bolide de 50 t tous les 30 ans en moyenne, et un de 220 t tous les 150 ans.

Fortement excentriques, peu inclinées sur l'écliptique, parcourues généralement dans le sens direct, les orbites des bolides paraissent se placer dans le plan des orbites



(Photo De kerolyr.)

FIG. 2. — UN BOLIDE DANS LA VOIE LACTÉE, PHOTOGRAPHIÉ LE 13 AOÛT 1928

de comètes à courte période. Que ces grosses météorites soient issues de la désagrégation des comètes, l'opinion en est généralement acceptée, les spectres des météorites montrant les mêmes substances que les spectres cométaires. Elle amène à rejeter la théorie classique des queues de comètes, longtemps attribuées à la pression de radiation du Soleil, et à adopter une explication que M. Baldet avait déjà suggérée en 1908 et que M. Dauvillier a perfectionnée en 1933. M. Dauvillier admet que le noyau de la comète, qui, on le sait, est un amas de roches, dégage, sous l'influence du rayonnement électronique du Soleil, les gaz occlus qu'il renfermait, consistant surtout en oxyde de carbone, et qu'il se forme ainsi une



(Photo Sykora).

FIG. 3. — LE BOLIDE DU 12 AOÛT 1934, AVEC TRAINÉE ET NUAGE LUMINEUX

enveloppe et une queue de gaz ultrararéfié. Il s'y passe alors la même chose que dans les tubes de Crookes, et le flux cathodique y découpe; en clair, la silhouette traditionnelle des comètes. « Ainsi, dit M. Dauvillier, le



FIG. 4. — LA PETITE PLANÈTE HERMÈS, QUI RASA LA TERRE LE 30 OCTOBRE 1937

Le mince trait lumineux que l'on observe au milieu de la photographie est la trace laissée par Hermès et qui permit d'en déceler la présence. Ce cliché, aimablement communiqué par son auteur, M. Reinmuth, de l'observatoire de Heidelberg, a été pris le 28 octobre 1937. Hermès a 2 ou 3 km de diamètre et tourne autour du Soleil en un peu plus de deux ans. Il reviendra donc en 1940.

phénomène banal de dégazage d'une anticathode dans le vide rend compte du phénomène grandiose des queues cométaires. » Comme chaque passage au périhélie — au plus près du Soleil — provoque un dégazage, et que la provision de gaz occlus s'épuise vite, un moment arrive où cesse le dégagement, où la comète perd queue et chevelure : ce n'est plus qu'un ramassis de pierrailles vagabondant sur son orbite, qu'un troupeau de météorites peu à peu disloqué par les perturbations planétaires et prêt à s'abattre sur l'astre le plus voisin.

Il y a quelques mois, M. Dauvillier a parachevé sa théorie en inspectant les analyses chimiques de météorites dues à Farrington. Farrington y trouvait les éléments suivants :

| | |
|----------------|---------|
| Fer..... | 72,06 % |
| Oxygène..... | 10,10 % |
| Nickel..... | 6,50 % |
| Silicium..... | 5,20 % |
| Magnésium..... | 3,80 % |

La densité d'un corps ayant la composition statistique de toutes les météorites serait alors de 5,57, très proche de celles de la Terre (5,6) et des planètes inférieures, et la forme de celles que l'on a recueillies montre qu'elles proviennent de corps éclatés. « Toutes ces raisons, assure M. Dauvillier, indiquent qu'elles proviennent d'une ancienne planète dense ayant éclaté en formant une sorte d'anneau de Saturne solaire. » On voit donc revenir à l'ordre du jour les idées autrefois défendues par Daubrée et Stanislas Meunier, qui font sortir les météorites de l'usure et de la démolition d'une vieille planète pareille à la nôtre.

La Terre, météorite monstre

Nous disions, en commençant, que les nouvelles découvertes sur les météorites avaient bouleversé la géophysique. Ajoutons que le bouleversement se poursuit encore actuellement, sous l'œil critique des sismologues, et que nul n'en saurait préjuger l'envergure. Notons, toutefois, que la composition identique des bolides et de la Terre est exactement la même que celle de la surface solaire : cela n'est pas pour surprendre les disciples de G.-H. Darwin, pour qui l'origine des planètes réside dans l'arrachage et la fragmentation d'une formidable marée causée, sur l'astre du jour, par le frôlement d'une autre étoile. La composition des bolides incite alors M. Dauvillier à considérer le globe comme une énorme météorite de ferro-nickel, donc comme un noyau métallique de 5 130 km de rayon, recouvert d'une scorie de silicates de

1 300 km. Le schéma de la figure 5 montre combien une telle conception de la structure interne du globe s'écarte de la conception courante, suivant laquelle le noyau n'aurait que 3 400 km de rayon. Cela oblige le savant auteur à repousser la théorie de Wegener — qui reçoit ces temps-ci, reconnaissons-le, un accueil de plus en plus frais — et à édifier une nouvelle explication de la genèse des continents et des océans.

Les météorites géantes

Avant de nous demander ce que nous apprennent les météorites au point de vue astronomique, il convient de faire plus ample connaissance avec ces errants du ciel qui, sans crier gare, font parfois irruption sur une planète déjà suffisamment turbulente. La plus retentissante, et aussi la plus récente, de ces irruptions eut lieu le 30 juin 1908, à Podkamennaya Tunguska (Sibérie centrale), dans le bassin de l'Iénisséï. Aucun savant ne put l'observer, et ce n'est qu'après la guerre que les astronomes se préoccupèrent de l'événement. Ils envoyèrent sur les lieux hommes de science et cinéastes, interrogèrent les indigènes et, non seulement purent en déduire les phases du phénomène et constater ses effets, mais parvinrent, de plus, à reconstituer l'histoire céleste du bolide — ou de la petite comète — qui heurta la Terre ce jour-là.

C'est à 7 h que le météore apparut, allant du S.-S.-W. au N.-N.-E. Il termina sa trajectoire dans une dépression naturelle couverte d'une forêt épaisse. Immédiatement, une colonne de feu s'élança, haute de 20 km, observée jusqu'à Kirensk, à 450 km de distance. La chaleur fut ressentie par les paysans jusqu'à Vanovara, à 65 km, et la lueur de l'explosion, écrit l'astronome Astapovitch, qui publia en 1938 le résultat de son enquête, lueur comparable à un coucher de soleil, fut visible à 850 km. Kulik, qui étudia le point d'impact en 1927, raconte que le choc atmosphérique fut tellement exceptionnel qu'à Kirensk les clôtures furent retournées, qu'à Kansk (600 km) des hommes furent renversés dans une rivière, et qu'à 700 km des chevaux ne purent se tenir sur leurs pieds ! Les ondes sonores voyagèrent pendant 30 à 35 minutes, et les ondes infrasonores tournèrent autour du globe, furent enregistrées sur les barographes de Batavia, de Washington, de Potsdam et ne s'éteignirent qu'au bout de 30 heures — elles avaient fait deux fois le tour du monde. Les ondes balistiques elles-mêmes furent saisies par les microbarographes anglais de

South Kensington. En même temps, une grande quantité de fines poussières s'étendait à 85 km d'altitude, en une couche de nuages argentés qui produisit, écrit Kulik, « des night dawns d'une beauté incomparable ». Peut-être, suggère Whipple, cette poussière n'était-elle qu'une sorte de queue cométaire.

Le lieu de la chute est aujourd'hui complètement dénudé dans une aire circulaire de 30 km de rayon. Les arbres abattus, dépouillés de leurs branches et de leur écorce et portant des traces de carbonisation, gisent suivant des rayons du cercle, les cimes à l'opposé du centre.

Sur la masse de la météorite, les avis diffèrent. D'après Kulik, elle était, avant la rencontre avec l'atmosphère, de plusieurs milliers de tonnes. Astapovitch l'estime à 200 t seulement. Elle était, en tout cas, formée de fer, les naturels du pays ayant ramassé, après la chute, des morceaux de fer natif brillant. Le bolide décrivait une orbite très allongée, peut-être parabolique, — d'aucuns disent même hyperbolique, — peu inclinée sur l'écliptique. Il avait déjà franchi le périhélie et reprenait sa course vers les lointains du système solaire lorsqu'il choqua la Terre, à son nœud ascendant. Si l'horaire de sa marche eût avancé de 4 h 47, c'est à Saint-Pétersbourg qu'il eût atterri ! Ajoutons que sa vitesse par rapport au globe (1) était de 40 km/s (fig. 8).

— Eh bien ! dira-t-on, et le bolide lui-même ? Qu'est-il devenu ?

Il est très probable, comme le pense Kulik, qu'il éclata d'abord en l'air, puis que les fragments se brisèrent à l'arrivée, et qu'ils se morcelèrent encore, une fois dans

(1) C'est la vitesse géocentrique. La vitesse héliocentrique, qui caractérise l'orbite, s'en déduit par des considérations géométriques.

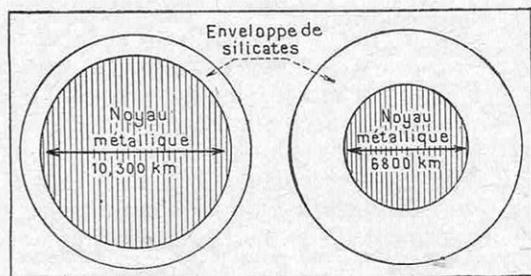


FIG. 5. - LA STRUCTURE INTERNE DE LA TERRE
A droite, la Terre selon la conception courante : un noyau de ferro-nickel de 6 800 km de diamètre couvert d'une épaisse couche de silicates. A gauche, la Terre suivant le schéma de M. Dawillier. Le globe n'est qu'une énorme météorite de ferro-nickel, qu'enveloppe une mince scorie de silicates.

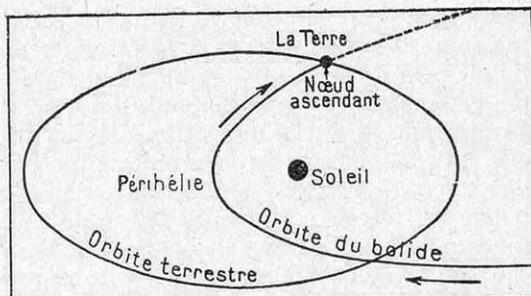


FIG. 6. — L'ORBITE PROBABLE DE LA GRANDE MÉTÉORITE DE SIBÉRIE.

On voit ici l'orbite de la Terre, que coupe en deux points — les nœuds — l'orbite de la météorite, elliptique ou parabolique. Le périhélie est le point de cette orbite le plus rapproché du Soleil. L'axe de cette dernière est légèrement incliné sur le plan de l'écliptique. Le bolide eût continué sa route suivant la ligne pointillée s'il n'eût heurté le globe à son nœud ascendant.

le sol. Cela fait perdre tout espoir de pouvoir exploiter un jour ce gisement métallifère, quoique « l'on puisse espérer trouver, ajoute Kulik, à moins de 25 m de profondeur, des morceaux de fer nickelifère de 1 ou 2 t. »

Il est vrai que les chercheurs de filons peuvent se rattraper en se tournant vers le Meteor Crater. Le Meteor Crater, tous nos lecteurs le savent, n'est autre qu'une excavation, profonde de 200 m, large de 1 500, creusée par la chute d'une météorite dans l'immense plaine désertique de l'Arizona. Une vieille légende des indigènes Navajoes raconte même l'arrivée de ce bolide comme celle d'un dieu très puissant, vêtu de flamme, et dont l'haleine infernale rôtit toute la végétation d'alentour. On trouve encore, après les siècles écoulés, des vestiges de ce formidable événement : fragments métalliques dispersés par milliers dans un rayon de 6 km et dont le plus lourd pèse 3 t ; bouleversement du sous-sol du cratère, que l'on a étudié en perçant dix-sept trous de sondes allant jusqu'à 400 m ; roches écrasées, éclatées, morceaux de grès changés en verre de silice par la transformation de l'énergie cinétique en chaleur. Les morceaux épars renfermant du fer dans la proportion de 92 % avec 6 % de nickel, un peu de carbone et de petits diamants, on pensa, bien entendu, à exploiter la météorite elle-même, masse de fer qui pouvait être d'un profitable revenu. La société minière qui se constitua en 1920, au capital de 850 millions de dollars, après l'échec des tentatives d'avant-guerre, évaluait, en effet, son poids à 10 milliards de t, ce qui représente 9 milliards de t de fer. — L'astronome canadien Fairchild,

plus modeste, ramène aujourd'hui cette masse à 10 millions de t, et le diamètre du bolide primitif à 120 m. — Le premier soin de la société fut évidemment de repérer l'emplacement de la météorite. Y parvint-elle ? Confessons notre ignorance. Les uns disent oui, les autres non. Pour ceux-là, le bolide fut retrouvé à plus de 400 m de profondeur, sous la paroi sud du cratère. Pour ceux-ci, la météorite consistait, non en une masse métallique homogène, mais en un

prises pour retrouver ce gigantesque bolide se terminèrent toutes par un échec. M. Th. Monod, qui le rechercha particulièrement en 1934, ne trouva même pas un individu qui en eût connaissance, malgré l'attrait d'une récompense de deux cents écus promise par le résident. Il est donc probable que les fragments recueillis par le capitaine Ripert ne sont que des débris météoritiques isolés, et que le gros bloc considéré comme le bolide n'est qu'une masse de grès rou-

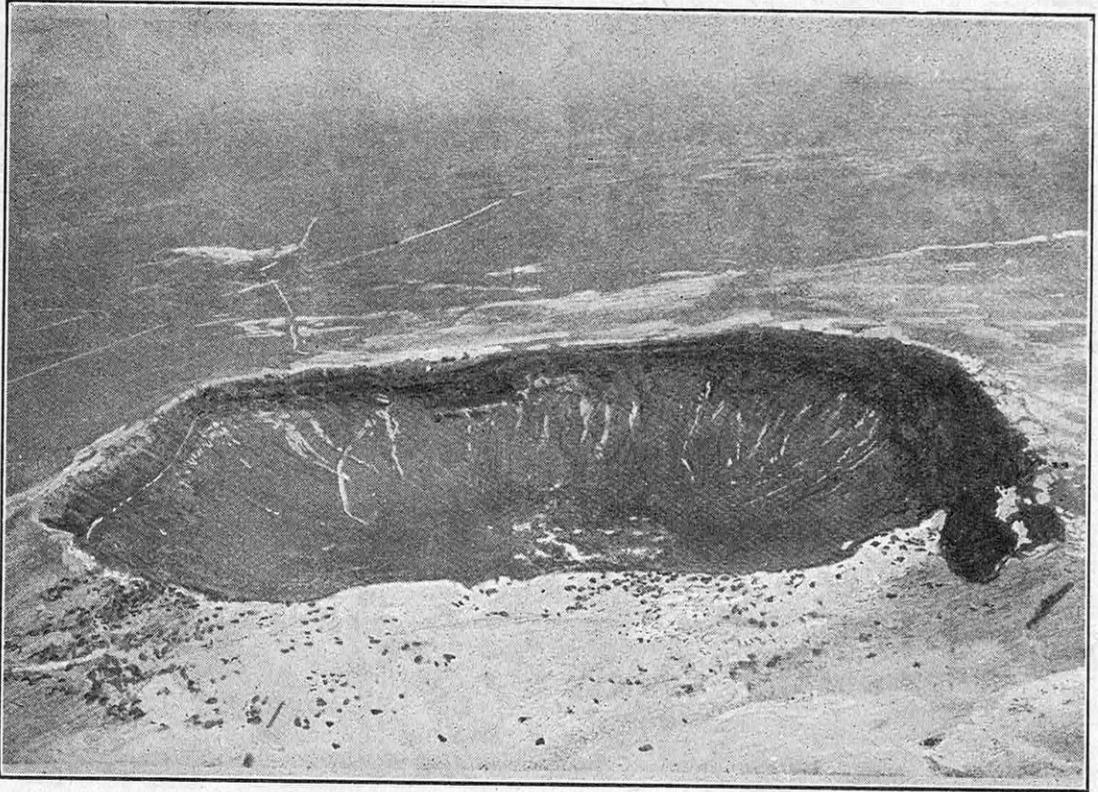


FIG. 7. — LE « METEOR CRATER », DANS L'ARIZONA (ÉTATS-UNIS)

Creusé, pense-t-on, par une météorite géante, ce trou a 200 m de profondeur et 1 500 m de diamètre.

bloc pierreux avec des inclusions de fer : il n'y aurait alors rien d'étonnant à ce que la pierre fût depuis longtemps disparue et que les nodules de fer subsistassent seules.

Il nous faut aussi dire un mot de la météorite hypothétique que le capitaine Ripert dit avoir trouvée en 1916, en explorant le désert de l'Adrar (Afrique Equatoriale Française) à la tête de son peloton de méharistes. Elle formerait, à 45 km de Chinguetti, une masse écrasante, parallépipédique, de 160 000 m³ et de 1 million de tonnes. M. A. Lacroix, l'éminent minéralogiste, qui en analysa un fragment en 1924, y reconnut 90 % de fer et 5 % de nickel.

Malheureusement, les expéditions entre-

gêtre légèrement ferrugineux (1). L'Union Astronomique internationale, réunie à Stockholm en juillet 1938, avait émis le vœu « que le gouvernement français fût à nouveau respectueusement prié de bien vouloir faire explorer le lieu de la grande météorite de Chinguetti » : faute d'en retrouver l'emplacement, il est peu probable que l'on puisse jamais lui donner satisfaction.

Si un bolide monstre rencontrait la Terre...

Ainsi, la Terre a reçu, en quelques millénaires, au moins deux météorites géantes :

(1) C'est aussi l'avis de M. Molavoy, ingénieur des Mines, qui fut chargé d'une mission dans l'Adrar.

celles du Meteor Crater et de Sibérie. Nous pouvons alors nous demander quelle influence ces chocs exercèrent sur le globe.

Remarquons d'abord que si la vitesse géocentrique de ces projectiles célestes est considérable, — elle peut atteindre 72 km/s, — la plus grande partie de cette vitesse se perd dans l'atmosphère, qui freine vigoureusement. Ainsi s'explique que des bolides ne soient enterrés qu'à des profondeurs

sons à eux qu'à partir de 1 million de t. Notons tout de même qu'une météorite comme celle de Peary développe, en tombant, une force vive de 35 000 milliards de kgm.

Naturellement, il est difficile d'analyser comment se répartit cette formidable quantité d'énergie. Le choc imprimé à l'atmosphère en absorbe une certaine part, et le bolide tend vers une vitesse limite, vitesse qu'il est difficile d'évaluer pour un projec-

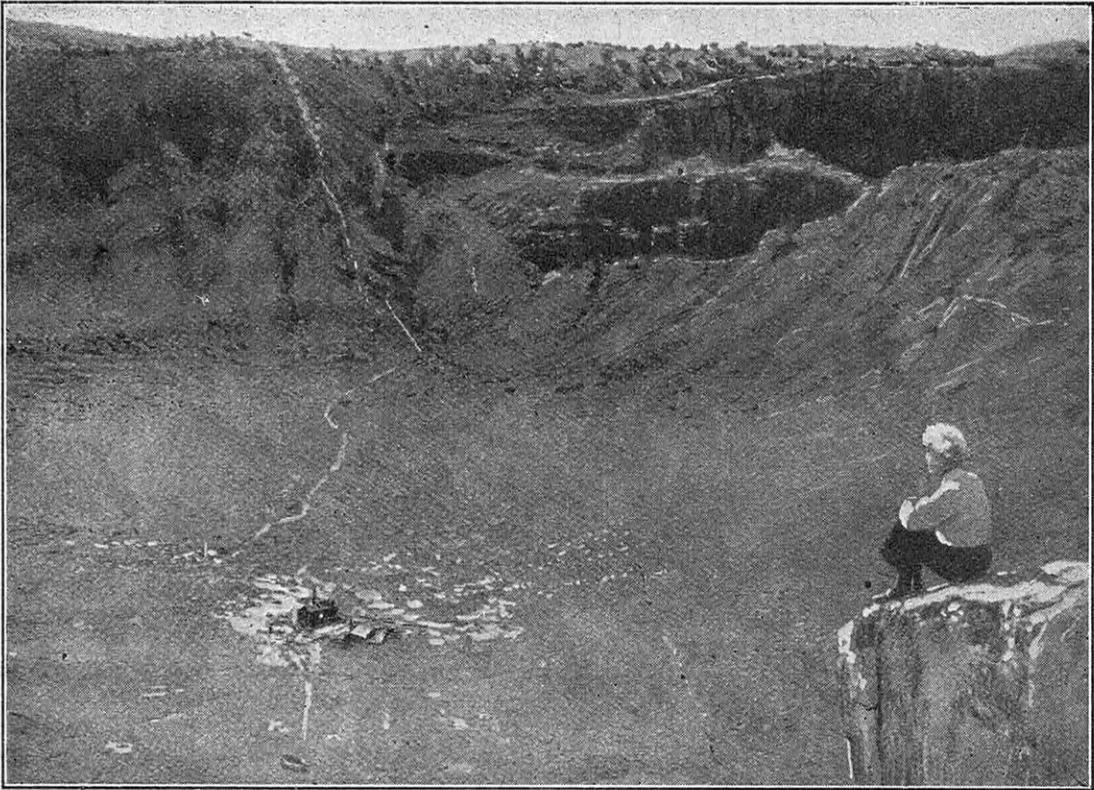


FIG. 8. — VUE DE L'INTÉRIEUR DU « METEOR CRATER »

L'échelle du paysage est donnée par les bâtiments qui sont au fond du cratère et qui ne sont autres que les installations de la société minière chargée de rechercher et d'exploiter la météorite.

médiocres. Dans son livre classique *Meteors* (1925), l'Américain Ch.-P. Olivier cite l'exemple de la grosse météorite de 36 t et demie rapportée par Peary de Cape York, qui n'était que partiellement recouverte de terre et gisait sur un lit de galets. Nininger complétant, avec la répartition en profondeur, la statistique que Farrington avait dressée sur la répartition en surface, a calculé encore qu'une météorite de 23 kg s'enterre, en moyenne, à 51 cm ; une de 63 kg à 107 cm ; une de 104 kg à 120 cm et une de 182 kg à 305 cm.

Mais ce sont là, dira-t-on, des bolides de taille modeste, et nous ne nous intéres-

tile dont la masse est de l'ordre de 1 million de t. Ensuite l'énergie restante n'est pas absorbée entièrement au point d'impact, puisque la Terre jouit d'une certaine élasticité, qui fait que le point de chute rayonne de l'énergie sous forme d'onde sismique. Quel est l'effet sur le mouvement de la Terre dans l'espace ? Si le globe est frappé normalement, la mécanique montre qu'il est quasi nul, même en admettant que la masse du bolide soit de 1 million de tonnes et sa vitesse géocentrique de 40 km/s. Nous ne saurions nous en étonner si nous nous souvenons qu'une météorite de 1 million de t est à la Terre ce qu'un grain de poussière

de 1 mg est à la masse de 78 *Normandie* !

Si le choc avait lieu obliquement ou tangentiellement, et si l'intrus céleste avait une masse suffisante, — par exemple quelques milliers de milliards de tonnes, — il pourrait non seulement provoquer une accélération ou un ralentissement notable dans la rotation terrestre, mais aussi déranger la position de l'axe des pôles. Que se passerait-il alors ?

La mécanique nous enseigne que lorsqu'un corps quelconque tourne autour d'un axe quelconque, cet axe, la plupart du temps, n'est pas fixe ; autrement dit, à chaque instant, le corps tourne autour d'un axe différent, l'axe instantané de rotation. Pour que le corps tourne toujours autour du même axe, pour que cet axe soit invariable, il faut que ce soit l'un des trois axes privilégiés perpendiculaires entre eux, passant par le centre de gravité et appelés axes permanents de rotation. Le

corps tourne alors autour de lui d'un mouvement uniforme et permanent.

Supposons donc que l'axe de rotation de la Terre soit un axe permanent de rotation et qu'un bolide gigantesque la frappe obliquement près du pôle. Le choc produit un déplacement de l'axe : de permanent, il devient instantané ; jusqu'à la fin du monde, les pôles sont destinés à vagabonder à la surface du globe. Les conséquences de cet état de choses ? Elles sont faciles à prévoir (1).

Si, par exemple, le choc imprime à l'axe un déplacement de 40°, obligeant le pôle nord à se transporter dans le nord de la France, cette région, brusquement immobilisée, voit se ruer sur elle les eaux de la Manche et de l'Océan, à la vitesse de 300 m/s. En même temps, l'énorme bourrelet liquide maintenu autour de l'équateur par la force centrifuge s'effondre, puis se reforme dans l'hémisphère austral, noyant les plaines de l'Amérique du Sud, du Sud-Africain et de

(1) Nous faisons abstraction, bien entendu, des catastrophes locales qui sont loin d'être négligeables.

l'Australie, ainsi que toutes les îles océaniques, pendant que les eaux abandonnent les rivages de l'Europe septentrionale et occidentale, et que ces contrées deviennent des plateaux inhabitables, dressés à des kilomètres au-dessus du niveau de la mer.

— Mais, dira le lecteur, ce terrifiant cataclysmisme n'a-t-il pas pu se produire aux temps géologiques ?

Nous avons un moyen de nous en assurer : un tel choc, s'il eut jamais lieu, dut déranger l'axe du globe et en faire un axe instantané. Si la Terre tourne actuellement autour d'un axe instantané, les latitudes doivent varier puisque le pôle change constamment

de place. C'est un problème que nous avons soulevé ici même (1). On se souvient peut-être de notre conclusion : les latitudes varient, en effet, mais le déplacement du pôle ne dépasse pas une quinzaine de mètres par an.

— D'ailleurs, objectera un censeur pointilleux, cette

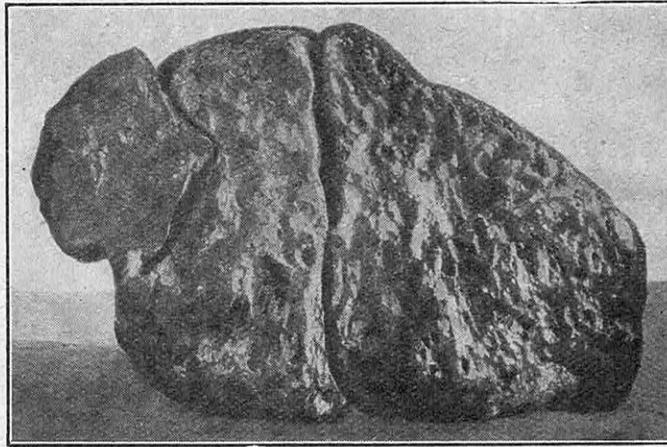


FIG. 9. — PHOTOGRAPHIE DE LA MÉTÉORITE D'UNE MASSE DE 234 KG TOMBÉE EN HONGRIE EN 1866

théorie des axes de rotation n'est applicable que si le globe est entièrement solide.

D'accord, mais les travaux de M. Dauvillier montrent justement que le globe n'est qu'une masse de fer couverte d'une carapace de silicates, avec une mince couche visqueuse intercalée. Cesont, selon M. Stoyko, les pulsations de cette croûte superficielle qui causent les déplacements du pôle, de sorte qu'il est tout à fait légitime d'affirmer que notre planète tourne autour d'un axe permanent de rotation et qu'elle n'a, par conséquent, jamais été heurtée par un astéroïde de quelque envergure.

Les étoiles filantes et la destinée de la Terre

Les étoiles filantes ont une action infiniment moins brutale, mais aussi beaucoup plus sûre que celle des bolides, encore que d'une effarante lenteur. Comme l'ont démontré les recherches de Hoffmeister, les étoiles filantes sont les particules d'un nuage

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 505.

de poussières obscures que traverse en ce moment le système solaire, nuage semblable à d'autres que nous connaissons bien, dans le Taureau et Ophiuchus, par exemple.

Nous avons dit tout à l'heure que leur apport annuel est de 2 milliards de kg. Cet apport accroît le rayon de la Terre de 25 mm tous les 20 milliards d'années (!). Comme il accroît aussi sa masse, il augmente du même coup l'attraction entre le Soleil et la Terre, donc nous rapproche de l'astre central : ainsi la durée de l'année diminue-t-elle peu à peu. D'après M. Bosler, l'inclinaison du plan de l'orbite sur celui, invariable, du maximum des aires,

diminue elle aussi, ce qui fait décrire à la Terre une spirale autour du Soleil. En outre, le milieu météoritique à travers lequel vole la Terre tend à ralentir son mouvement orbital, donc à la rapprocher du Soleil, ce qui, en fin de compte, l'accélère. Toutes ces causes concourent à raccourcir l'année.

Enfin, les masses recueillies par la Terre, en augmentant le moment d'inertie, allongent la durée du jour. Rassurons-nous : selon Young, cet allongement n'est que de

1/1 000 de seconde pour 1 million d'années.

La présence de ces nuages météoritiques a déjà préoccupé les fervents de l'astronautique, qui se sont demandé si les astronefs de demain (?) ne courraient pas, de ce fait, un péril sérieux. Ne serait-il pas désastreux, pour une enceinte emplie d'air, vo-

quant dans le vide, d'être perforée par un projectile lancé à 70 km à la seconde? Pourtant, le risque n'est pas très considérable. L'astronome Pierre Salet avait fait le calcul, et trouvé qu'un astronavigateur pourrait voyager plusieurs mois sans que les chances de destruction provenant de cette cause dépassent 10 %.

« Il est d'ailleurs clair, concluait-il, que, par le fait même d'entreprendre une pareille expédition, on courra bien d'autres risques, et dont certains atteindront sans doute 100 %. Mais nos descendants auront toujours la ressource de ne pas s'embarquer pour de pareils voyages d'agrément, et de répéter avec Panurge : — Oh ! Que trois et quatre fois heureux sont ceux qui plantent choux... Ils ont un pied en terre et l'autre n'en est pas loin... »

PIERRE ROUSSEAU.

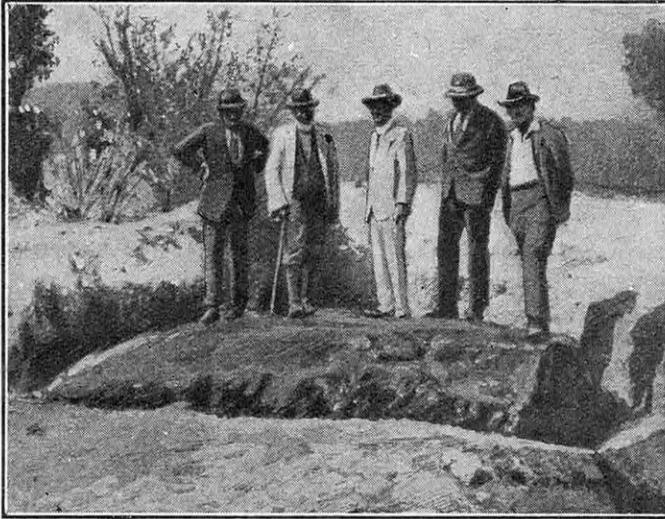


FIG. 10. — L'UNE DES PLUS GROSSES MÉTÉORITES CONNUES
Elle fut trouvée en Afrique sud-occidentale, dans le district de Groot-Fontein, et son poids est estimé à 60 ou 70 tonnes.

On évalue actuellement à 41 millions le nombre des postes téléphoniques existant dans le monde, entre lesquels on échange journallement près de 150 millions de conversations. Un abonné peut entrer en communication avec près de 39 millions d'autres abonnés. Relevons encore qu'il est techniquement possible d'écouler 300 conversations simultanées sur une seule paire de fils.

Au 1^{er} janvier 1938, on comptait aux États-Unis d'Amérique 19 380 000 postes téléphoniques dont 15 332 000 appartenaient au puissant groupement des compagnies Bell (le monopole des téléphones n'existe pas aux États-Unis). Il existe donc en Amérique 1 poste par 7 habitants, contre 1 poste par 40 habitants en Europe. Sur le vieux continent, c'est la Suède qui arrive en tête avec 1 poste par 8,47 habitants, suivie de près par le Danemark (1 poste par 8,94 habitants). La France arrive au quinzième rang avec 1 poste par 24,3 habitants.

LE CONTROLE DES ÉMISSIONS RADIOPHONIQUES ET LA POLICE INTERNATIONALE DES ONDES

Par Michel ADAM

INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

La multiplication du nombre des stations radiophoniques, de plus en plus « serrées » sur la gamme des fréquences hertziennes, a depuis longtemps rendu nécessaire une réglementation stricte de la longueur d'onde attribuée à chaque émetteur et de la largeur de la bande couverte par sa modulation. L'exécution des conventions internationales, répartissant ainsi les fréquences en fonction de la distribution géographique et de la puissance des stations, est surveillée par un Centre de Contrôle dépendant de l'Union Internationale de Radiodiffusion et installé à Bruxelles. Ce centre a pour mission de signaler sans délai toute cause pouvant amener un émetteur à brouiller les émissions des postes de fréquence voisine : défaut de stabilité, modulation excessive, émission parasite d'harmoniques de haute fréquence, etc. En outre, et indépendamment de cette mission de police qui demeure sa tâche principale, cet organisme étudie dans les conditions les plus favorables, grâce aux appareils de haute précision dont il est doté, des phénomènes généraux tels que la propagation des ondes de toutes fréquences, dégagant ainsi les lois générales dont s'inspireront les techniciens des futures conférences internationales appelées à modifier la répartition des fréquences, en vue d'obtenir le maximum de rendement de l'ensemble du réseau des émetteurs.

Dès les débuts de la radiodiffusion, ils apparut que l'on pouvait prévoir les plus graves ennuis si les émetteurs ne se soumettaient pas à une discipline internationale et si une « police des ondes » ne veillait pas à la stricte observation de cette discipline.

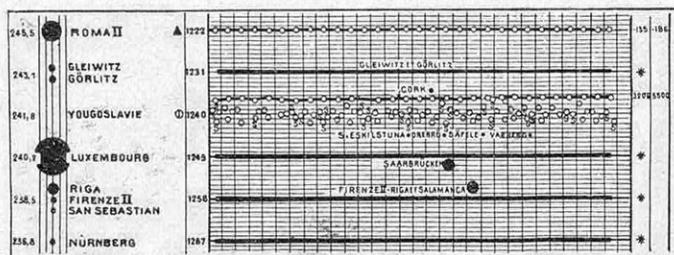
Au cours de l'été 1927, M. Braillard, président de la Commission technique de l'Union Internationale de Radiodiffusion (U. I. R.), secondé par M. Divoire, installa quelques appareils de mesure dans une modeste salle des Laboratoires de l'Université de Bruxelles, qui ne mesurait que 2 m 50 sur 4 m ! Ce fut l'embryon du Centre de Contrôle, qui devait assurer la surveillance journalière de la stabilité des émetteurs, base du service à établir. Deux ans plus tard, le laboratoire emménageait dans une petite villa de la banlieue de Bruxelles, à l'écart des perturbations radio-électriques. Mais ces locaux étaient encore très insuffisants et mal adaptés à leur fonction. Actuellement, le Centre de Contrôle s'est installé dans un immeuble récemment inauguré et spécialement aménagé pour pouvoir assumer convenablement son rôle d'expert technique auprès des administra-

tions nationales aussi bien que des organismes internationaux.

En quoi consiste la « police des ondes »

Le Centre de Contrôle de Bruxelles assure un service permanent et vérifie, au moins une fois par jour, les caractéristiques de chaque émission. Il peut se produire, en effet, des variations brusques de la fréquence de l'onde porteuse, et la station doit en être informée dans le plus bref délai. Le nombre des mesures quotidiennes de fréquence, qui était de 300 en 1935, est passé à 600 en 1938. En douze ans, du début de 1927 à la fin de 1938, plus de 1 200 000 contrôles de fréquence ont été faits.

Lorsqu'un défaut de stabilité dans la fréquence d'une station est observé, le Centre de Contrôle s'empresse d'adresser un télégramme chiffré ou une communication téléphonique à l'émetteur en question, qui, dans la plupart des cas, peut y remédier en quelques heures. La rapidité est un facteur important, car une interférence provoquée par le dérèglement d'une station peut empêcher des milliers et des milliers d'auditeurs de recevoir les émissions qu'ils désirent-



(Photo W. Kessels.)

FIG. 1. — UN EXTRAIT DU GRAPHIQUE MENSUEL DES FRÉQUENCES DES STATIONS A ONDES MOYENNES, DRESSÉ AU CENTRE DE CONTROLE DE BRUXELLES

On lit sur la première colonne de gauche la longueur d'onde en mètres, puis les indicatifs de la station et de ses relais, ensuite la fréquence en kilohertz. Les jours du mois dessinent des colonnes verticales. Chaque émission est figurée par une ligne d'autant plus voisine de l'horizontale que sa fréquence est plus stable.

Les sifflements de ce genre sont assez fréquents pour qu'il soit inutile d'insister.

Cependant, il arrive que, pour diverses raisons où entrent parfois la négligence et la mauvaise volonté, les stations mises en cause n'obtempèrent pas tout de suite aux injonctions du Centre de Contrôle, qui est obligé d'intervenir à plusieurs reprises.

Ces rappels à l'ordre sont fréquents. Depuis sa fondation, le laboratoire de Bruxelles est intervenu plus de dix mille fois déjà. Chaque cas est suivi avec ténacité et n'est abandonné que lorsqu'il a été résolu. On peut supputer ce que cela représente de ténacité dans l'ordre international où l'on invoque trop souvent la souveraineté de chaque pays pour justifier un manquement à la discipline, et où les sanctions sont pratiquement inapplicables.

Cependant, M. Braillard, directeur du Centre de Contrôle, tient à souligner que son action pressante a toujours été accueillie favorablement et sans protestation, même lorsqu'il n'était pas possible de remédier immédiatement au défaut observé.

Comment sont faites les mesures

Le Centre de Contrôle dispose d'appareils perfectionnés dont la précision a été constamment en croissant depuis sa création. Partie de 5 dix-millièmes en 1927, cette précision atteint actuellement 2 à 3 dix-millionièmes, ce qui représente un gain considérable. Tous les laboratoires ne possèdent pas, loin de là, des appareils aussi perfectionnés. Mais la véritable supériorité de ce laboratoire réside dans le fait qu'il procède, chaque jour, à des centaines de mesures aussi précises avec un personnel des plus réduit.

Le graphique mensuel publié par le

Centre de Contrôle est une sorte de « tableau d'honneur » qui entretient l'émulation entre les diverses stations européennes. C'est aussi un « banc d'infamie » pour les émissions mal stabilisées et mal modulées. Au début de 1939 a été publié le 140^e graphique mensuel des fréquences, contenant un tableau des interférences et des statistiques concernant l'exactitude du réglage et la stabilité. Le graphique des fréquences est fait à l'échelle de 1 kilohertz pour les stations de toutes ondes, à raison d'un graphique pour les ondes longues et moyennes et d'un autre graphique pour les

ondes courtes. Un graphique de précision à l'échelle de 1 hertz est donné pour les stations particulièrement stables de la première

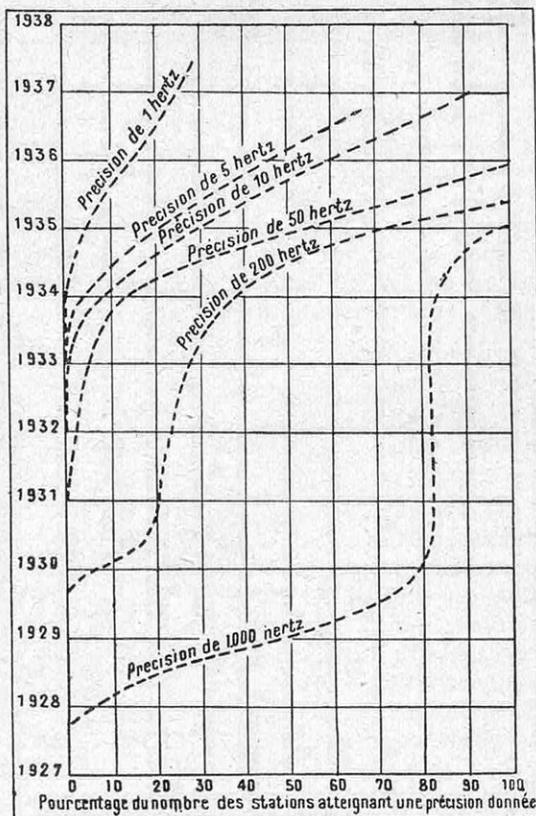
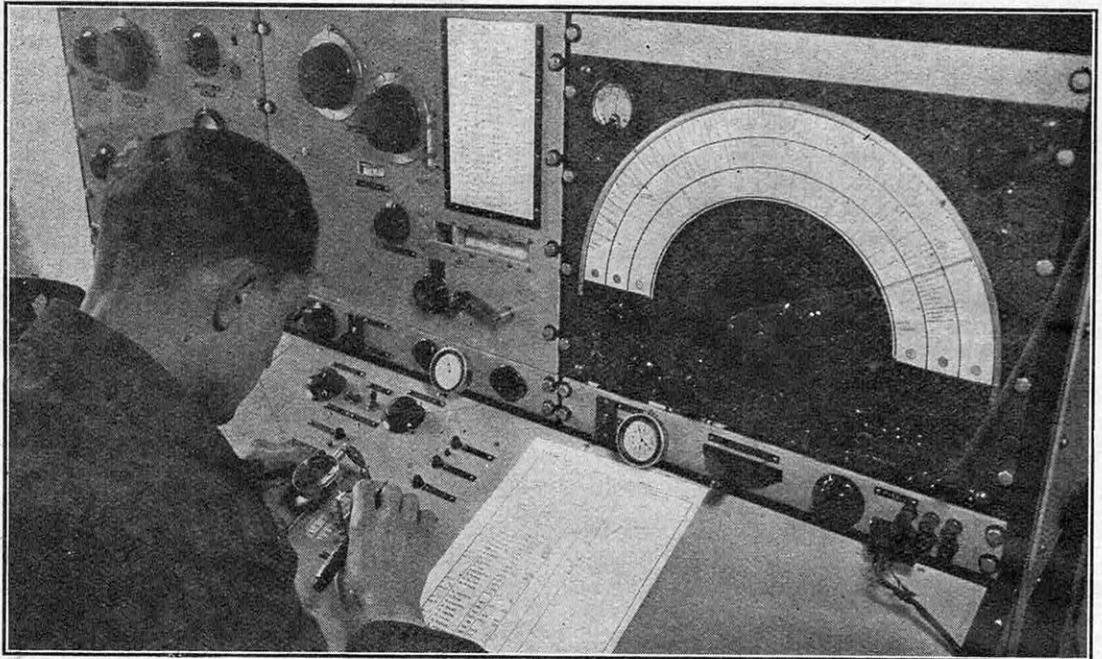


FIG. 2. — AMÉLIORATION PROGRESSIVE DE LA STABILITÉ DES CENT MEILLEURS ÉMETTEURS EUROPÉENS

Ce graphique indique, depuis la fondation du Centre de Contrôle (1927) jusqu'à 1939, la progression du nombre des stations qui ont atteint une stabilité donnée. La stabilité s'est améliorée de 1 000 hertz jusqu'à 1 hertz, à mesure que s'accroissait la précision des mesures.



(Photo W. Kessels.)

FIG. 3. — UN COIN DU LABORATOIRE POUR LA MESURE DES FRÉQUENCES DES ÉMISSIONS
 Sur le panneau vertical sont disposées les commandes manuelles des appareils de mesure : diapason, multiplicateurs de fréquence, fréquencemètre hétérodyne et hétérodyne d'interpolation. Toutes les commandes automatiques sont placées sur le pupitre, à la portée de l'opérateur, qui relève à la loupe sur le cadran l'indication de la fréquence et la reporte sur la feuille de contrôle.

gamme. La figure 1 représente une faible partie de ces tableaux et montre les différentes indications qui y sont portées.

Comment on dépiste tous les défauts d'une émission

Si la première condition pour une émission stable et bien réglée sur la longueur d'onde qui lui a été attribuée, ce n'est pas la seule. Le Centre de Contrôle surveille aussi la modulation, les diverses émissions parasites, la propagation des ondes, les interférences, etc.

Grâce à des appareils à bande, on enregistre automatiquement le taux de modulation de chaque station. Lorsque la modulation

est mauvaise, lorsqu'il y a surmodulation, le laboratoire peut en faire immédiatement la preuve par cet enregistrement. On obtient ainsi une vérification à distance du contrôle de la modulation fait dans chaque station.

Quant aux émissions parasites constituées par les harmoniques à haute fréquence, les émissions secondaires, on

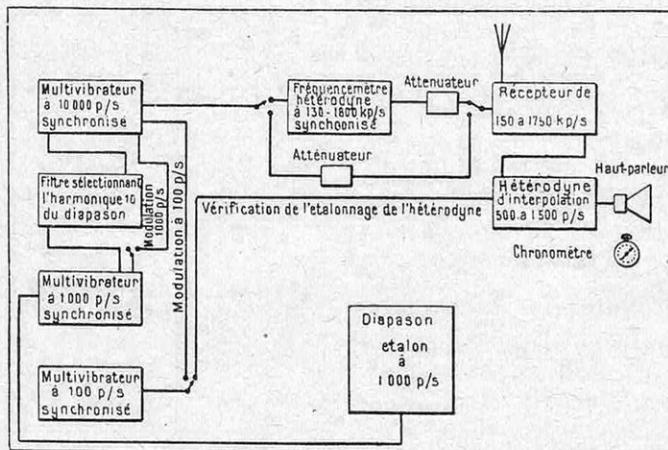


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LES FRÉQUENCES MOYENNES DE LA BANDE DE 150 A 1750 KILOHERTZ

L'onde à étudier, captée par le récepteur, interfère avec l'onde du fréquencemètre hétérodyne, synchronisée par les harmoniques des multivibrateurs à partir de la fréquence fondamentale du diapason-étalon (1 000 hertz). L'onde de battement ainsi produite est comparée à celle de l'hétérodyne d'interpolation, amenée au même réglage. On lit la fréquence de battement sur le cadran, ou on la calcule à l'aide d'un chronomètre.

cherche à les éviter et à les limiter. Là aussi, le laboratoire de Bruxelles intervient directement auprès de la station incriminée. Il s'inspire des possibilités techniques pour proposer aux conférences internationales les valeurs de tolérances admissibles.

Parmi les travaux de patience auxquels se livre sans relâche le Centre de Contrôle, la palme revient certainement à l'étude des lois de la propagation des ondes, dont il est nécessaire de s'inspirer pour établir une juste répartition des longueurs d'onde.

Or, la propagation dépend de nombreux facteurs, notamment de la longueur d'onde, de la puissance, des conditions cosmographiques et géophysiques, de la nature du sol, du relief, de l'état de l'atmosphère, etc. A l'heure actuelle, le laboratoire a enregistré, pendant plus de 16 000 heures d'observation du champ variable des émissions, plus de 10 000 m de bandes. Malgré cette complexité des facteurs, les lois de propagation ont pu être traduites en courbes assez exactes pour qu'il soit possible de prédire l'importance du brouillage qu'une station de puissance et de fréquence déterminées peut produire à une distance donnée.

Le Centre de Contrôle se livre encore à bien d'autres tâches : mesure des étalons de fréquence, mesure des interférences électriques, études des problèmes d'électro-acoustique. Il apporte, dans ce domaine, sa collaboration éclairée à maints organismes internationaux. Il procède même à la construction des appareils de mesure spéciaux pour divers centres de contrôle nationaux qui assurent avec lui le contrôle des stations européennes. Il fabrique et étalonne les ondemètres de précision dont sont dotées toutes les stations.

Les courbes de la figure 2 permettent de se rendre compte des progrès techniques accomplis dans l'émission depuis douze ans. Le Centre de Contrôle apparaît non plus seulement comme un gendarme assurant la police des ondes, mais aussi comme un législateur qui préside aux progrès enregistrés par les conférences internationales successives. C'est ainsi que la stabilité des émissions est passée de 1 kilohertz à 1 hertz à mesure que s'accroissait la précision des mesures.

Le nouveau laboratoire de Bruxelles

Ce laboratoire est, à la lettre, unique au monde, puisqu'il est le seul qui ait été conçu pour l'étude des ondes hertziennes et pour leur mesure. Il possède un équipement récepteur susceptible de recevoir en ondes moyennes (petites et grandes ondes) toutes les stations européennes et en ondes courtes toutes les stations mondiales.

Ce laboratoire comprend deux grandes salles pour les recherches et cinq petites salles pour le contrôle quotidien des émissions. Ces cinq salles sont spécialisées : la première pour le contrôle du diapason-étalon à l'aide des signaux horaires ; la

seconde pour la mesure des ondes moyennes ; la troisième pour la mesure du taux de modulation ; les deux dernières pour les mesures de fréquence des ondes courtes. Ces salles sont entièrement « paradisées », c'est-à-dire recouvertes par un treillis métallique formant cage de Faraday qui annihile les perturbations électriques extérieures. Toutes les canalisations électriques sont blindées et mises à la terre, cette terre étant formée par un réseau de plaques de cuivre enfouies sous le sol des caves. Des filtres antiparasites protègent les installations télé-



(Photo R. P. S.)

FIG. 5. — LE DIAPASON UTILISÉ COMME ÉTALON DE FRÉQUENCE A 1 000 PÉR/S

Ce diapason, véritable « cœur » du Centre de Contrôle, est enfermé dans une caisse métallique blindée, formant écran électrique et magnétique, elle-même placée dans un thermostat où règne la pression constante de 80 mm de mercure environ. L'ensemble repose sur un massif en béton par un double support antivibratoire.

manière des sardines dans une boîte. Si l'une de ces émissions déborde de sa bande, les autres en souffrent. C'est précisément ce qui se produit lorsque la modulation est défectueuse, non linéaire ou surmodulée.

Le Centre de Contrôle surveille incessamment la modulation des émissions et signale rapidement celles dont la modulation a besoin d'être disciplinée.

A cet effet, l'opérateur reçoit l'émission sur un superhétérodyne avec filtre passe-bande de largeur réglable et détection linéaire par diode. Appliqué au modulateur, le courant de basse fréquence est amplifié, redressé et enregistré. Le dispositif classique, sur lequel nous n'insisterons pas, est celui de la figure 6.

Le taux de modulation est le rapport de l'amplitude de la composante alternative de la modulation à l'amplitude de l'onde porteuse. On maintient cette dernière à une valeur constante donnée par la mesure du courant détecté. Un régulateur automatique maintient le courant détecté à la valeur déterminée. Les élongations du milliampermètre enregistreur mesurent directement le taux de modulation. La figure 7 indique comment une simple lecture directe donne ce taux, soit en centièmes, soit en décibels, sur l'enregistrement d'un morceau de musique. Il s'agit, en l'espèce, d'un fragment de la *Sonate en fa mineur* de Brahms, jouée au piano solo. Lorsque le taux de modulation prend une valeur trop élevée, l'émission devient gênante pour les stations de fréquences voisines.

La mesure de l'intensité et l'enregistrement du fading

Les variations de l'intensité du champ des ondes à la réception font aussi l'objet de mesures, mais dans un local de l'Observatoire royal de Bruxelles dépendant de l'Institut météorologique. Les ondes sont reçues sur un superhétérodyne. Lorsque le « fading » est intense, on a recours à un régulateur automatique de sensibilité à deux étages

d'amplification. On mesure par un voltmètre à lampe la tension de régulation à la sortie du second étage.

Comme le champ varie rapidement, il est préférable d'utiliser un appareil enregistreur d'où l'on déduit la valeur moyenne et la valeur quasi maximum du champ. Les ondes sont captées soit par une antenne

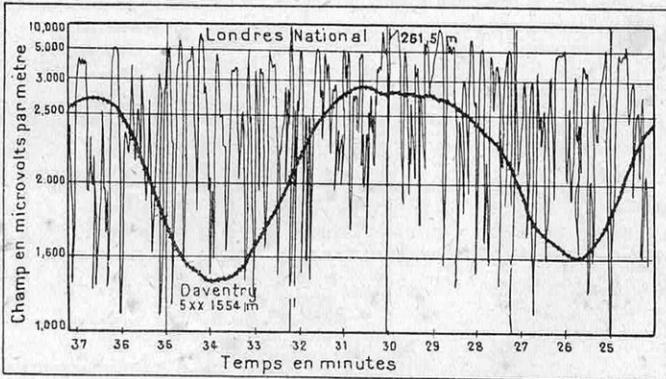


FIG. 8. — COMMENT VARIE L'ÉVANOUISSEMENT DES ONDES OU FADING

Les ondes sont d'autant plus sensibles au « fading » que la longueur d'onde est plus petite, au moins pour la bande des ondes intermédiaires. Le graphique en traits forts montre la lente variation du champ de la station à grandes ondes de Daventry (1 554 m) dans la soirée, tandis que le graphique, en traits fins, montre la rapide variation de la station de Londres National (261,5 m) vers la même heure. Ces enregistrements ont été effectués au Centre de Contrôle de Bruxelles.

verticale de 18 m de hauteur pour les ondes longues et moyennes, soit par un cadre orientable monté sur le toit, dont la sélectivité dans l'espace est indispensable dans certains cas.

Les ondes courtes sont reçues sur un jeu de dipôles horizontaux connectés aux laboratoires par des lignes spéciales.

La figure 8 représente deux enregistrements du champ : l'un pour la station à ondes longues de Daventry 5 XX, sur 1 554 m, l'autre pour la station à petites ondes de Londres National sur 261 m 5. On remarque les différences considérables de la fréquence d'évanouissement et les variations d'intensité qu'il provoque.

MICHEL ADAM.

PEUT-ON SAUVER LES ÉQUIPAGES DES SOUS-MARINS EN DÉTRESSE ?

Par Henri LE MASSON

Les marines de deux nations amies viennent d'être, coup sur coup, éprouvées par des catastrophes frappant deux de leurs submersibles : le Squalus américain, coulé le 23 mai dernier au large de Portsmouth (Etats-Unis), et la Thétis anglaise, disparue le 1^{er} juin au large de Llandudno (Pays de Galles). Les tentatives qui furent faites pour sauver les équipages demeurés enfermés dans les compartiments non inondés des bâtiments ont eu des résultats très inégaux, dus sans doute plus aux circonstances particulières à chaque naufrage qu'à la valeur technique des procédés mis en œuvre, dont chacun d'ailleurs correspond à un domaine d'utilisation particulier. Le sauvetage du personnel des submersibles naufragés est un problème angoissant et complexe qui n'a pas encore reçu de solution définitive, encore que, grâce aux progrès de la technique des plongées et des travaux sous-marins, on puisse considérer que les équipages ne soient plus, comme il y a vingt ans, voués à une mort certaine en cas d'accident. Voici un exposé d'ensemble des procédés modernes qui permettent aujourd'hui au personnel naufragé de quitter par ses propres moyens un submersible immobilisé sur le fond et des engins perfectionnés dont on dispose pour lui porter secours de l'extérieur. Voici aussi, après le sauvetage des équipages, les méthodes modernes de relevage des sous-marins coulés, opération toujours longue et difficile, qui exige un outillage d'une puissance exceptionnelle.

DE 1919 à 1939, vingt sous-marins ont coulé accidentellement, dont six anglais, six américains, deux russes, deux italiens, deux japonais et deux français. Si l'on tient compte du chiffre des unités en service : 650 environ, du nombre des plongées effectuées, — elles se comptent, tous les ans, par milliers, — les accidents sont donc relativement très peu fréquents, d'autant moins même que, sur 20, 11 accidents se sont produits en surface dans les mêmes conditions que pour n'importe quel bâtiment de mer. Il y avait douze ans, déjà, qu'il n'en était pas survenu dans la marine américaine (abordage du *S 4* en 1927) et sept ans s'étaient écoulés depuis la perte de l'anglais *M 2*, en 1932, lui aussi abordé, lorsque, à quelques jours d'intervalle, la double disparition du *Squalus* et de la *Thétis* est venue, de nouveau, attirer l'attention sur le problème du sauvetage des équipages de sous-marins et celui du renflouement de ces unités.

Le grand public ne se rend pas compte des difficultés que présentent ces opérations. Bien au contraire, les procédés à mettre en œuvre lui paraissent, *a priori*, d'une application simple et il est fréquent, en ces occasions, d'entendre des profanes s'étonner de l'impossibilité où l'on s'est trouvé d'arracher à une épouvantable agonie les malheureux

marins, demeurés enfermés dans l'épave.

Nous voudrions indiquer ici non seulement les moyens de libérer les naufragés, mais aussi les difficultés auxquelles il faut trop souvent faire face et, enfin, comment on réussit, dans certaines circonstances, à relever un sous-marin.

Jusqu'à quelle profondeur peut-on tenter le sauvetage d'un sous-marin et comment retrouve-t-on l'épave ?

Il est bien évident que, pour tenter l'une et l'autre opérations, il faut, en premier lieu, que le sinistre se soit produit par des fonds tels que la coque du sous-marin ait pu résister à la pression de l'eau ; or celle-ci croît très rapidement avec la profondeur : une atmosphère par 10 mètres. Les membrures des sous-marins modernes doivent céder entre 100 et 150 mètres, suivant le type auquel appartient le bâtiment. Au delà, par conséquent, et sauf nouveaux progrès dans la résistance des coques, il paraît inutile de penser pouvoir tenter une opération de sauvetage qui devient, d'ailleurs, de plus en plus aléatoire avec l'augmentation de la profondeur. En fait, on ne conçoit pas, dans l'état actuel des choses, qu'il soit pratiquement possible d'intervenir rapidement et utilement au delà d'une centaine de mètres. Encore cela suppose-t-il remplies bien des

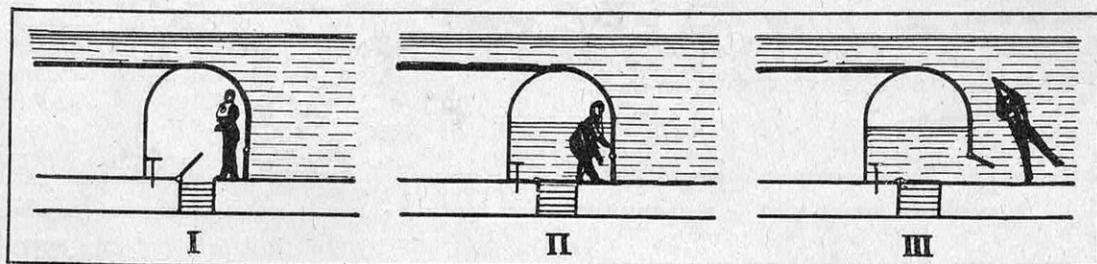


FIG. 1. — PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN « SAS » DE SORTIE

Le « sas » des sous-marins est une sorte d'« écluse » qui s'inspire des « sas » utilisés pour les caissons à air comprimé. C'est un petit compartiment étanche faisant hernie intérieure ou extérieure sur la coque épaisse. Une porte étanche permet d'y accéder. L'eau de mer qui y est introduite comprime l'air contenu jusqu'à la pression correspondant à la profondeur. Muni de son appareil respiratoire, l'occupant sort par une seconde porte basse, ouvrant sur la mer sans aucune difficulté étant donné l'égalité des pressions s'exerçant sur les deux faces de ce panneau. Cette porte refermée, le « sas » est vidé et prêt pour une nouvelle sortie. Toutes les manœuvres peuvent être commandées de l'intérieur du sous-marin et de l'intérieur du « sas ».

conditions... D'autre part, un coup d'œil sur une carte bathymétrique montre que, sauf en de très rares endroits, la ligne des fonds de 100 mètres commence bien près des côtes, alors que leurs exercices entraînent souvent très au large les flottilles sous-marines dans des navigations lointaines et prolongées.

Il faut, ensuite, savoir où gît l'épave.

Même lorsque l'on connaît à l'avance la route probable, parfois même — dans le cas d'un abordage — le lieu approximatif, cette recherche peut demander de longues heures car la bouée téléphonique, si elle a pu être larguée par le sous-marin naufragé, n'est qu'un bien petit flotteur à la surface des eaux ; d'autre

part, les bulles d'air échappées de la coque disparaissent rapidement, et les nappes d'huile ou de mazout qui, parfois, remontent à la surface, peuvent avoir dérivé sensiblement sous l'action de courants. Dans le cas du *Squalus*, la chance voulut qu'un autre sous-marin se trouvât dans les parages et remarquât aussitôt la bouée, tandis que

la *Thétis* ayant disparu vers 15 heures, ne fut retrouvée que le lendemain à 8 heures. Par contre, lorsqu'en 1925 et 1932 les Anglais perdirent les sous-marins *M 1* et *M 2*, il fallut, chaque fois, plusieurs jours pour repérer les épaves, malgré que, dans un des deux cas, il se fût agi d'un abordage.

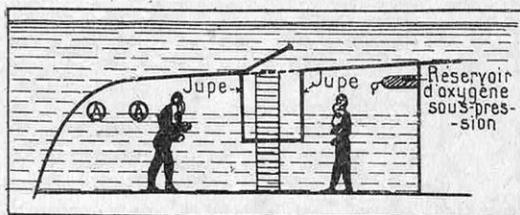


FIG. 2. — LA « JUPE » DANS UN SOUS-MARIN

La « jupe » est un cylindre métallique installé en permanence autour d'un panneau quelconque de sortie du sous-marin. Si besoin est, le compartiment entier auquel donne accès ce panneau peut être transformé en « sas » de grandes dimensions.

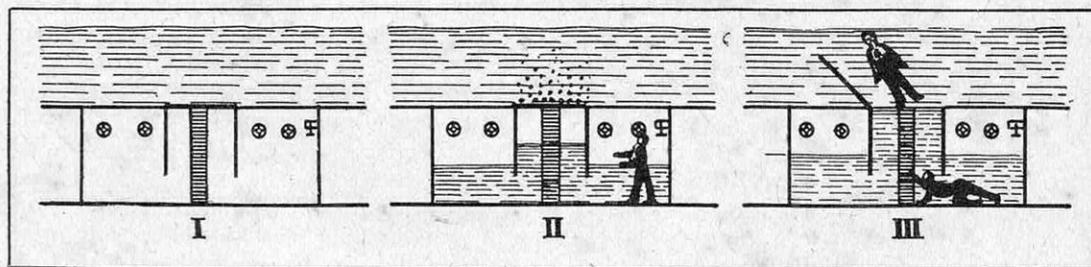


FIG. 3. — PRINCIPE DE LA MANŒUVRE DE SORTIE A L'AIDE DE LA « JUPE »

L'eau de mer introduite comprime peu à peu l'air dans la partie supérieure du compartiment et à l'intérieur de la « jupe ». Lorsque la pression de l'air commence à équilibrer la pression de l'eau correspondant à la profondeur, le panneau de sortie est ouvert et la « jupe » se trouve remplie d'une colonne d'eau de mer qui rejoint la nappe déjà introduite dans le compartiment. Le personnel, muni de ses appareils respiratoires, s'échappe en plongeant pour passer à l'intérieur de la « jupe », puis par le panneau de sortie.

Les sous-marins en perdition disposent de puissants moyens pour lutter eux-mêmes contre l'invasion de l'eau

Ces deux points précisés, il faut indiquer que les sous-marins sont équipés pour lutter, eux-mêmes, contre les rentrées d'eau susceptibles d'entraîner leur perdition. Ils disposent, en premier lieu, de turbines d'épuisement ; mais ce moyen n'est pas suffisamment rapide pour « franchir » une importante voie d'eau. A 20 m de profondeur, une simple brèche de 10 centimètres carrés laisse entrer 400 à 500 t d'eau à l'heure... Or, un tube lance-torpilles moderne a 53 ou 55 cm de calibre... et l'ouverture accidentelle de l'un d'eux serait la cause première de la perte de la *Thétis*. On sait qu'en outre les chasses d'air comprimé dans les ballasts permettent d'alléger puissamment en quelques secondes un sous-marin en plongée. Peuvent intervenir, enfin, les plombs de sécurité (de 10 à 20 t), détachables instantanément et qui doivent leur efficacité à la brusquerie de leur action. Dans plusieurs cas, ces différents moyens ont permis à des sous-marins victimes d'une voie d'eau en plongée de faire surface le temps nécessaire pour évacuer leur personnel.

Si le bâtiment ne peut remonter par ses seuls moyens, l'existence de cloisons étanches donne seule, à tout ou partie de l'équipage, la possibilité de se réfugier dans les compartiments demeurés intacts.

Dans quelles conditions peut survivre le personnel enfermé dans un sous-marin accidenté ?

Le premier problème qui se pose alors pour les naufragés, après s'être efforcés de faire connaître leur position (bouée téléphonique), est celui de survivre jusqu'au moment où la proximité d'un bâtiment sauveur leur permettra d'essayer de sortir de l'épave avec quelques chances de succès. L'atmosphère à bord d'un sous-marin se vicie, en effet, rapidement, d'autant plus rapidement que l'action nocive du gaz carbonique croît très vite avec la pression, et que l'atmosphère des compartiments non inondés peut se trouver surcomprimée, quand, en outre, elle n'est pas envahie par des gaz ou vapeurs délétères : chlore provenant des batteries d'accumulateurs envahies par l'eau de mer, oxyde de carbone ou fumées dégagés par des incendies, etc. Toute la « vie » du bord doit donc être mise en veilleuse pour restreindre la production de gaz carbonique que l'on s'efforcera de faire absorber par les

boîtes de soude et de potasse utilisées, en temps normal, dans le circuit de ventilation du bord. A défaut, ce n'est qu'avec prudence que l'on peut utiliser les réserves d'oxygène sous pression, voire d'air sous pression, dont disposent tous les sous-marins. Leurs dégagements, en effet, ne pourraient absolument rien pour diminuer la toxicité propre du gaz carbonique, qui deviendrait même de plus en plus nocif avec l'accroissement de pression résultant de cette manœuvre. Au surplus convient-il de ménager des réserves indispensables pour permettre, le moment venu, l'évasion proprement dite. La question du renouvellement de l'air est à ce point importante que, dans plusieurs marines, des dispositifs spéciaux ont été prévus. Dans la marine française, par exemple, on utiliserait les robinets de renflouage. Ce sont des tubulures doubles (une pour l'aspiration, l'autre pour le refoulement) qui traversent, en trois endroits, la coque épaisse, comportent des raccords faciles à brancher de l'extérieur et que l'on mettrait en action aussitôt le contact pris avec l'épave. Dans la marine française, des essais de bon fonctionnement de ces robinets sont réglementaires au cours de la première plongée d'un sous-marin. Il ne semble pas que la *Thétis* était équipée de tels robinets.

Le « sas » et la « jupe »

Quels sont maintenant les moyens d'évacuation proprement dits dont dispose le personnel d'un sous-marin naufragé ?

Deux solutions sont de pratique courante : le « sas » et la « jupe », dont les schémas (fig. 1, 2 et 3) indiquent le fonctionnement. La « jupe » présente deux avantages, celui de pouvoir être assez facilement adaptée aux différents panneaux de sortie, tandis que le « sas » est un compartiment spécial, dont il ne peut généralement être prévu qu'un seul, dans le kiosque, par exemple, au-dessus du poste central, quelquefois deux : un à l'avant, l'autre à l'arrière. D'autre part, la « jupe » permet une évacuation plus rapide du personnel que le « sas ». A bord de la *Thétis*, on le sait, il n'était possible de « sasser » que deux hommes à la fois ; or, l'équipage d'un sous-marin moderne comporte souvent de 40 à 60 hommes. L'un et l'autre dispositifs sont réglementaires dans la marine française.

Les difficultés du retour à l'air libre du personnel évacué d'un sous-marin

Le retour à l'air libre du personnel évacué par le moyen d'un « sas » ou d'une « jupe »

est beaucoup plus délicat que l'utilisation proprement dite de ces deux installations. Il soulève, en effet, des problèmes d'ordre physiologique d'autant plus difficiles à résoudre que la sortie du sous-marin doit s'effectuer à une profondeur plus grande. La situation des naufragés, munis de l'appareil respiratoire dont nous allons parler, est, dans une certaine mesure, comparable à celle des scaphandriers, à scaphandre non métallique, qui, soumis, au cours de leur plongée, à une pression très supérieure à la pression atmosphérique, ne peuvent remonter que

l'inventeur) ou américain, dit « lung » (poumon). Ce sont des appareils autonomes à régénération d'atmosphère ; cette atmosphère, constituée d'oxygène pur, est introduite à une pression initiale correspondant à celle de la profondeur. Des expériences, poursuivies aux Etats-Unis, parfois dans les conditions mêmes d'une catastrophe et à l'aide d'utilisateurs entraînés, ont montré que ces appareils respiratoires pouvaient convenir jusqu'à une profondeur d'environ 80 m (1), la remontée s'effectuant au moyen d'une ligne à repères, suspendue à une bouée,

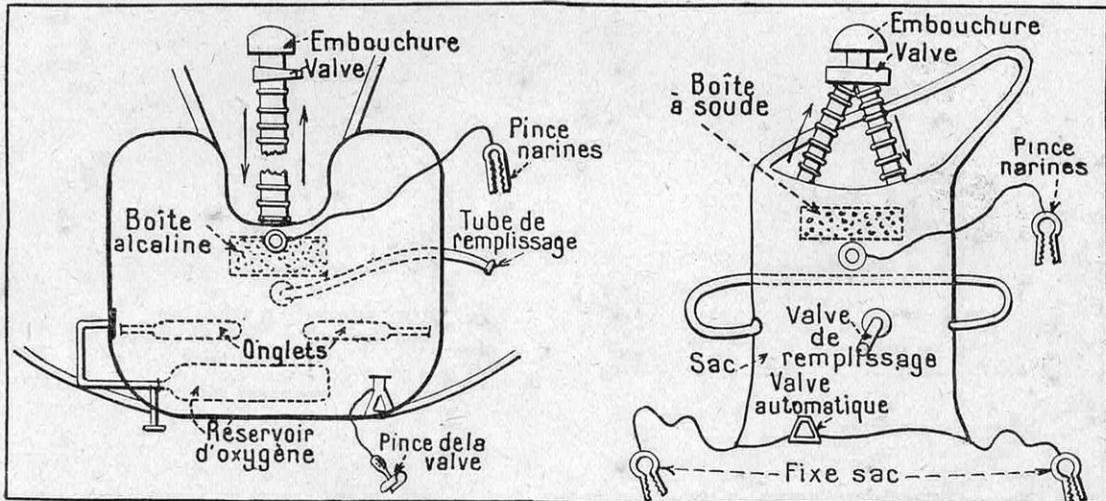


FIG. 4. — LES APPAREILS INDIVIDUELS « DAVIS » (ANGLAIS) ET « LUNG » (AMÉRICAIN)

Les appareils respiratoires « Davis » et « lung » sont constitués par des sacs de toile caoutchoutée, reliés par un tube également caoutchouté à une pièce buccale, permettant l'aspiration de l'oxygène et son renvoi dans le sac à travers un filtre à soude qui le débarrasse de son gaz carbonique. Une pince permet d'obturer les narines. Dans les deux cas, l'appareil peut fonctionner comme bouée une fois son porteur revenu en surface. Le « lung » (à droite) diffère surtout du « Davis » (à gauche) en ce qu'il ne contient pas de réservoir à oxygène sous pression et doit être rempli avant usage par les moyens du bord.

progressivement à la surface. Il faut éviter les accidents, souvent mortels, consécutifs à une décompression trop rapide. Celle-ci peut entraîner des embolies, provoquées par la présence, dans le sang et les tissus, d'azote provenant de l'air respiré sous pression (79 % d'azote dans une partie d'air) qui doit être rejeté lentement pour que des bulles gazeuses ne se forment pas dans la circulation sanguine. De nombreuses observations ont montré que ce dangereux phénomène pouvait se produire à partir de 12 à 15 m de profondeur, à condition, bien entendu, que le sang ait eu le temps de se saturer d'azote.

Les appareils respiratoires, réglementaires dans la plupart des marines, pour les équipages des sous-marins sont, en général, des modèles anglais « Davis » (du nom de

avec espacement correct de la durée des étapes prévues. C'est ainsi que pour une profondeur de 32 m et à raison de 16 mouvements respiratoires par minute, la remontée exige, en moyenne, cinq minutes. On voit donc combien délicats s'avèrent l'utilisation et le fonctionnement d'appareils qui semblent, *a priori*, très simples, surtout lorsqu'il s'agit de rescapés, éprouvés par un séjour de longues heures dans une épave, forcément diminués moralement et physiquement, et qui doivent, seuls, être capables de contrôler rigoureusement leurs mouvements et de s'astreindre à remonter lentement dans une obscurité complète.

(1) Au delà et en raison de la pression, l'oxygène utilisé dans ces appareils, de préférence à l'air pour permettre une remontée relativement rapide, serait susceptible d'entraîner de sérieux accidents tant du côté du système nerveux que du côté des poumons.



FIG. 5. — MARIN ANGLAIS ÉQUIPÉ D'UN APPAREIL DE SAUVETAGE « DAVIS »

Les accidents physiologiques dus aux remontées trop rapides

Bien qu'utilisant de l'oxygène pur, ce qui garantit, jusqu'à un certain point, contre les accidents auxquels sont exposés les porteurs de scaphandre, la pratique des « Davis » et des « lungs » a mis en évidence la possibilité d'autres accidents dus au déséquilibre des pressions qui se manifeste, en cas de remontée trop rapide, entre l'air contenu dans les poumons de l'utilisateur et le liquide qui l'environne. Le poids de la colonne d'eau sur le thorax venant à diminuer trop vite, l'air emprisonné sous une pression demeurée plus élevée se dilate : phénomène comparable à celui qui se produit lorsque des poissons de grande profondeur sont ramenés brusquement en surface ; ils arrivent gonflés, parfois éclatés. En prévision de ces accidents et de même que pour les scaphandriers, on prévoit habituellement que les naufragés seront placés dans des chambres de décompression à bord du bâtiment sauveur. Celles-ci sont des compartiments étanches qui peuvent être mis à une pression correspondant à celle des « sas » ou des « jupes », partant de la profondeur où gît l'épave et dont les occupants, sous la sur-

veillance de médecins et d'infirmiers, seraient « décomprimés » lentement.

La cloche de sauvetage utilisée dans la marine américaine

Nous en arrivons ainsi à la cloche qui a été utilisée pour sauver une partie du personnel du *Squalus* et qui constitue un progrès remarquable dans le matériel de sauvetage de l'équipage d'un sous-marin naufragé. La conception de ces cloches procède, en effet, des difficultés rencontrées, tant au point de vue technique qu'au point de vue physiologique, avec les « sas », « jupes » et appareils types « Davis » et « lung », du moment que l'on envisage des opérations par fonds de plus de 70 à 80 m. Ces cloches sont, en quelque sorte, des « sas » mobiles de beaucoup plus grandes dimensions que les « sas » fixes des sous-marins, puisque, pour le *Squalus*, il a été possible de remonter, chaque fois, sept ou huit rescapés.

On les fixe sur les panneaux de l'épave, évidemment prévus à l'avance pour permettre l'opération, dans les conditions que

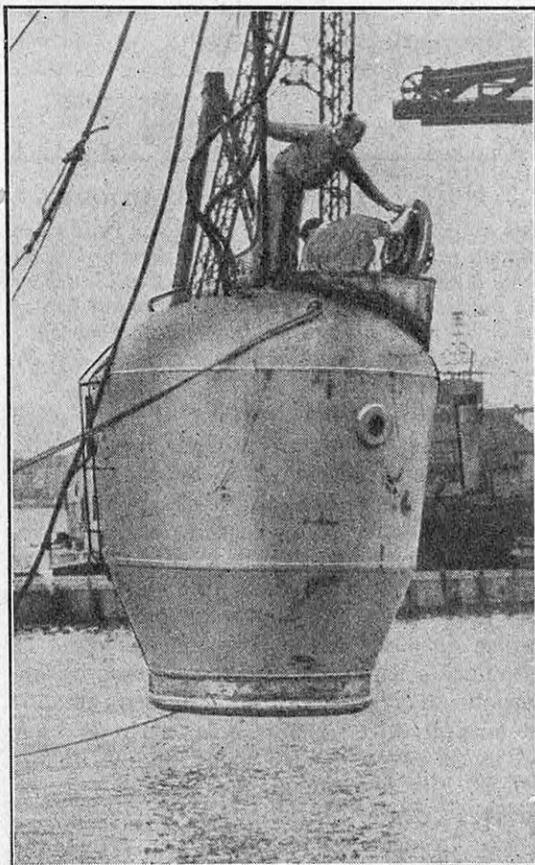


FIG. 6. — LA « CLOCHE » SOUS-MARINE UTILISÉE POUR LE SAUVETAGE DU « SQUALUS »

montrent les schémas ci-contre. Des tubulures en liaison avec le bâtiment sauveur permettent au personnel de manœuvre de la cloche de régler l'immersion et la remontée de la cloche (par le moyen de ballasts) et aussi de régler la pression de l'air, pour l'égaliser d'abord avec celle du compartiment du sous-marin, dans le cas où il y aurait surpression dans celui-ci ; puis, au moment de la remontée, avec la pression atmosphérique, si nécessaire. La cloche intervient alors comme chambre de décompression et son utilisation permet de remédier aux accidents physiologiques signalés.

Là encore, on le voit, il s'agit d'un appareil *a priori* d'une grande simplicité et dont la manœuvre paraît facile. Ce n'est diminuer ni le mérite ni l'ingéniosité des Amé-

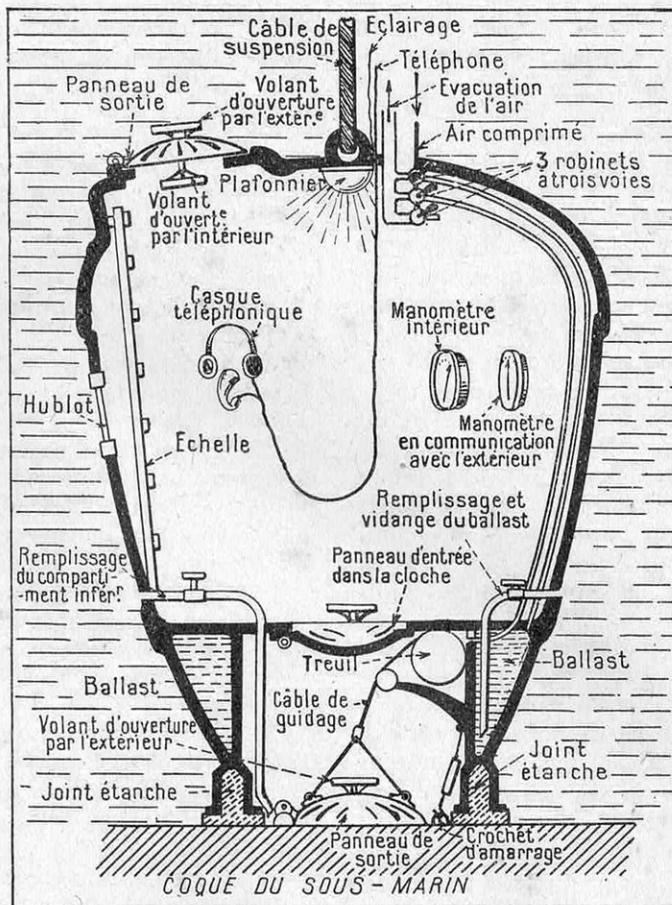


FIG. 7. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA « CLOCHE »

La cloche est en liaison téléphonique constante avec les bâtiments sauveurs de surface et reliée par un câble de guidage au sous-marin en détresse (ce câble est fixé par un scaphandrier). Elle est alimentée en air comprimé qui, distribué par un jeu de robinets, permet à volonté de faire varier la pression dans la cloche, de remplir ou de vider le compartiment inférieur (pour accéder au sous-marin) et les ballasts (pour la montée ou la descente). Voir le schéma figure 8.

ricains qui, les premiers, l'ont réalisé, que de constater que, lors du sauvetage des survivants du *Squalus*, ils ont été favorisés par un remarquable concours de circonstances. Pas de courants, une mer absolument calme et demeurée calme pendant tout le temps nécessaire ; enfin, le submersible reposait droit, donc très normalement, sur le fond. On conçoit, en effet, qu'il soit indispensable que le submersible n'ait pas chaviré ou qu'il n'ait pas pris une gîte trop importante, ou encore qu'il ne se soit produit aucune déformation des panneaux, occasionnée par des chocs, pour que la mise en

place de la cloche puisse se faire. D'autre part, cette mise en place entraîne, tout au moins la première fois, l'intervention de scaphandriers ; or, il faut bien se représenter,

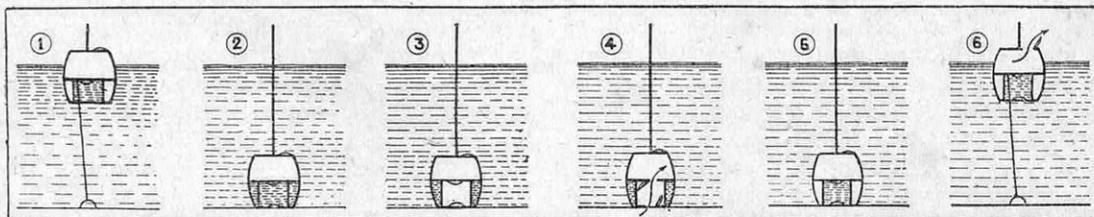


FIG. 8. — PRINCIPE DES MANŒUVRES SUCCESSIVES POUR LE SAUVETAGE PAR LA « CLOCHE »
Toutes les manœuvres de remplissage ou de vidage des ballasts et du compartiment inférieur, d'ouverture et de fermeture des panneaux d'accès et de sortie sont effectuées par un seul homme demeurant en permanence dans le compartiment supérieur de la cloche.

dans le cas d'un sauvetage à grande profondeur (plus de 60 m) que si, pour un personnel très entraîné, des descentes en eau profonde, au moyen de scaphandres souples (les plus pratiques pour travailler) ont pu être opérées avec succès, une mer agitée (au point de vue du bâtiment sauveteur), des courants violents qui risqueraient d'entraver sérieusement la mise en place de la cloche, s'avèreraient, à plus forte raison, bien plus gênants pour les scaphandriers contraints, en outre, d'opérer à la très basse température des profondeurs sous-marines (quelques degrés seulement). Il faut aussi tenir compte — alors que le facteur « rapidité » est d'une importance primordiale dans le sauvetage des rescapés d'un sous-marin — du temps nécessaire à un scaphandrier pour remonter d'une profondeur de l'ordre de 72 m comme celle où se trouvait le *Squalus*. Les tables de plongée de l'Amirauté britannique, d'une utilisation universelle, montrent que, pour un séjour de scaphandrier (souple) d'une heure au fond, à une profondeur de 65 m, il faut prévoir une durée de remontée de deux heures environ. On est donc conduit à envisager de préférence, pour des scaphandriers travaillant à des profondeurs plus grandes, l'utilisation soit de scaphandres métalliques qui leur donnent, tout de même, moins de facilités pour travailler, soit, dans le cas d'équipements souples, de chambres-relais telles qu'il en a été mis au point en Angleterre. Ces chambres sont descendues pour recueillir le plongeur au cours de sa remontée et lui permettre d'être ramené rapidement et sans danger à la surface, puisqu'elles jouent alors le rôle d'une chambre de décompression. En diminuant ainsi la fatigue des scaphandriers, elles permettent d'envisager des séjours d'une durée plus longue, pour le plus grand intérêt de l'avancement des opérations de sauvetage en cours.

Comment on renfloue les épaves des sous-marins

Le renflouement des épaves de sous-marins ne présente pas moins de difficultés que le sauvetage du personnel. A l'exception d'un certain nombre de petites unités de 250 t existant dans les marines allemandes et soviétiques, les flottilles modernes comportent des unités d'un déplacement relativement élevé : les sous-marins de grande croisière sont, aujourd'hui, des bâtiments de 1 500 à 2 000 tonnes ; les sous-marins dits « côtiers » atteignent de 600 à 900 t. On peut avoir une idée de la puissance de relevage avec laquelle il est nécessaire de

compter pour renflouer un submersible déplaçant 800 t en surface, en sachant qu'il faut soulever le poids du bâtiment dans l'eau, soit environ 700 t, et vaincre son adhérence dans la « souille » qu'il s'est creusée dans le fond, souvent vaseux ou sablonneux, de la mer, et qui est du même ordre. Il faut encore ajouter le poids mort des chaînes et aussières de relevage, qui pèsent couramment 100 à 150 kg au mètre. On arrive ainsi à une puissance de relevage de l'ordre de 1 500 à 2 000 t pour un sous-marin de déplacement relativement modéré.

Autant que possible, on s'efforce, tout d'abord, d'alléger l'épave en lui insufflant de l'air comprimé après que les brèches et ouvertures, causes de l'engloutissement, ont été obstruées. C'est là qu'interviendrait à bord des sous-marins français le système des robinets de renflouage déjà signalé. Lorsque la brèche est dans les fonds et ne peut être aveuglée, des chasses d'air aident puissamment à décoller le bâtiment et permettent de le sortir, ensuite, plus facilement par relevage direct.

Les chaînes ou aussières, que des scaphandriers ont fixées aux boucles de relevage ou, s'il n'en existe pas sur la coque, dont ils sont arrivés à ceinturer l'épave, sont fixées à des allèges et à des flotteurs, remplis d'eau ou immergés suivant le cas. Ensuite, par épuisement de l'eau (allèges), remplissage des flotteurs au moyen d'air comprimé, et après avoir minutieusement réglé la tension et la longueur des chaînes et des aussières, on soulève l'épave et on la remorque sur un moins grand fond. On renouvelle ensuite l'opération et, petit à petit, on parvient, parfois, à rentrer le sous-marin naufragé dans une forme de radoub.

Effectivement, certains sous-marins ont été ramenés, en très peu de temps, à la surface ; mais il s'agissait toujours de petits bâtiments, coulés à proximité d'un grand arsenal disposant de puissants moyens. Le plus récent exemple (il y a vingt ans déjà) est celui du sous-marin italien *F 4* de 250 t, perdu devant Pola, ramené à la surface moins de vingt-quatre heures après, mais, malheureusement, son équipage (vingt-sept hommes) avait péri. Par contre, il fallut dix mois d'efforts incessants pour renflouer le sous-marin américain *S 51*, coulé par abordage en septembre 1925. Il déplaçait en surface 993 t et avait disparu par 40 m de fond.

Deux ans plus tard, trois mois exactement (17 décembre 1928-17 mars 1929)

furent nécessaires pour relever un bâtiment analogue : le *S 4*, coulé à un peu moins de 1 mille de la terre. Six malheureux, emprisonnés dans le compartiment avant, y vécut trois jours : on avait pourtant pu repérer la position exacte de l'épave une heure après l'abordage et douze heures après prendre contact avec les survivants.

aucun doute longue et fort difficile.

Il faut retenir de tout ceci que si la disparition d'un sous-marin est un événement tout aussi tragique qu'il y a vingt ans, elle est devenue beaucoup moins fréquente. En effet, le stade expérimental est depuis longtemps terminé en ce qui concerne cette catégorie de bâtiments. Pas plus qu'on ne

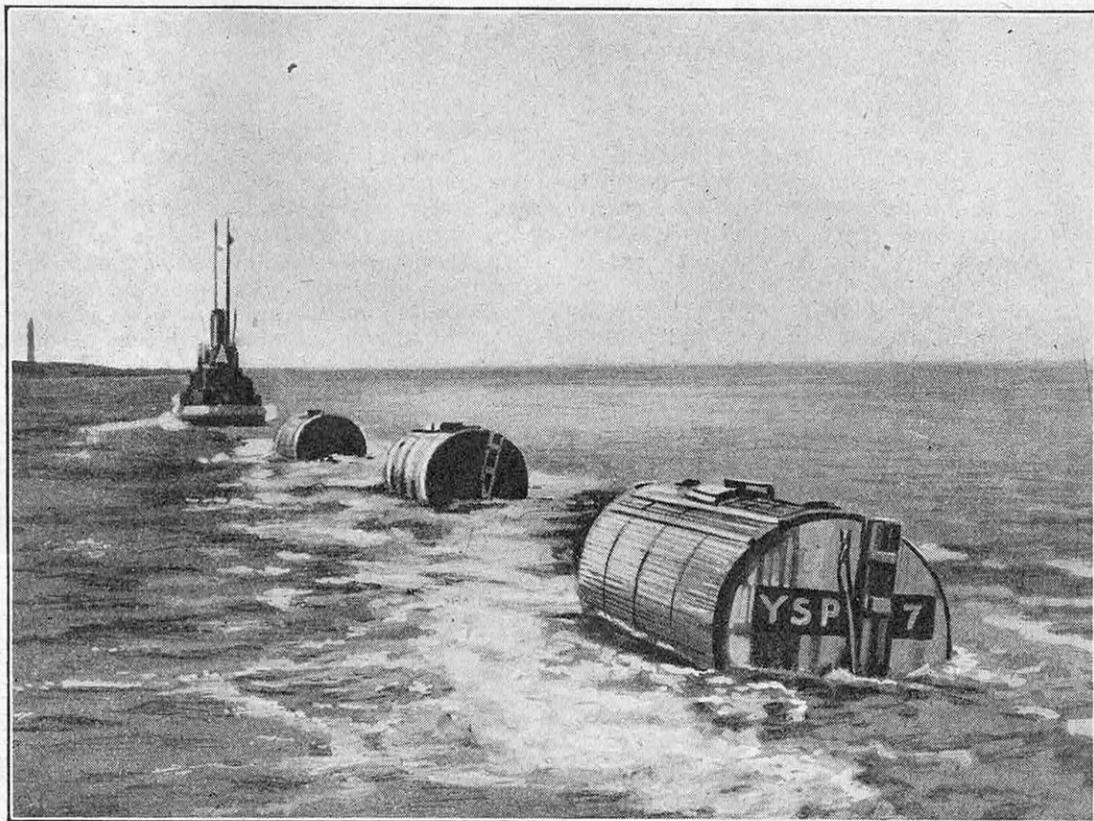


FIG. 9. — LE REMORQUAGE D'UN SOUS-MARIN NAUFRAGÉ

On utilise le plus souvent, pour le relevage des sous-marins coulés, des flotteurs du type reproduit dans cette photographie, prise lors du renflouement du sous-marin américain S 4 (coulé en décembre 1927). Dans ce cas particulier, la marine américaine avait préparé dix de ces engins, pesant chacun 40 t, longs de 10 m et d'un diamètre de 4, 20 m. Ils étaient dotés de toute une robinetterie pour permettre de les immerger, puis de chasser l'eau les remplissant, de boucles de remorquage et de fixation particulièrement robustes pour supporter les chaînes et aussières fixées au sous-marin.

En janvier 1917, les Anglais mirent six semaines pour renflouer le *K 13*, sous-marin de 2 600 t, disparu par 18 m de fond dans des conditions rappelant singulièrement celles de la *Thétis*.

On voit par ces quelques exemples combien peu nombreuses sont les chances de renflouer rapidement un sous-marin coulé et, de fait, les premières nouvelles reçues des tentatives de relevage de la *Thétis* paraissent bien confirmer que l'opération, en admettant qu'elle réussisse, sera sans

peut réaliser la sécurité absolue en avion ou en automobile, on ne peut garantir, bien évidemment, qu'elle existe pour le sous-marin : les catastrophes du *Squalus* et de la *Thétis* sont là pour nous le prouver ; mais on peut admettre que tous les appareils de manœuvre utilisés sont maintenant vraiment au point. Ils ont été éprouvés, pendant des années, au cours d'innombrables essais et donnent toutes les garanties de sécurité humainement possibles.

HENRI LE MASSON.

LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font époque dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées humaines.

MICROPHYSIQUE ⁽¹⁾

C'EST n'est pas aux lecteurs de *La Science et la Vie* qu'on doit apprendre les progrès fulgurants de cette nouvelle branche de la connaissance humaine qu'est la microphysique : nous nous appliquons à les informer au jour le jour des découvertes les plus marquantes, de celles qui rectifient le mieux notre conception générale de l'Univers ou qui sont destinées à recevoir — plus tôt qu'on ne le croit, sans doute — de multiples et fantastiques applications.

La microphysique a tout juste vingt ans, si l'on fait remonter ses origines au grand savant anglais Ernest Rutherford (1871-1937), qui, le premier, montra qu'il n'est pas interdit à l'homme de provoquer artificiellement des perturbations profondes dans les atomes, tenus jusqu'alors pour immodifiables. Après dix ou douze ans de somnolence, dus à une pénurie de moyens techniques, la microphysique est aujourd'hui en pleine gestation. Lorsque nous aurons quelque recul, il est vraisemblable que l'année 1939 ne se distinguera pas spécialement de celles qui l'auront précédée ou suivie ; mais, d'ores et déjà, nous sommes en possession de tout un corps de doctrine assez imposant pour justifier une mise au point plus développée que ne peuvent l'être des articles de revue.

C'est à cette tâche de haute vulgarisation que s'est attelé Maurice de Broglie, et il y a parfaitement réussi.

On a lu ici même des études de ce savant (2), membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie Française. Frère aîné de Louis de Broglie, — l'initiateur de la mécanique ondulatoire, — Maurice est également un physicien de premier plan : spécialiste des rayons X, il montra, en 1914, par la méthode dite « du cristal tournant », que ceux-ci peuvent être étalés en spectre, tout comme un rayon de lumière solaire ; puis, en 1920, il fit tomber, sur divers atomes, des rayons X homogènes (d'une seule fréquence), et, en déterminant les vitesses des électrons arrachés (photoélectrons), il réussit à préciser les niveaux

d'énergie (au sens de Niels Bohr), qui caractérisent les nuages électroniques de ces atomes : cette expérience fondamentale est relatée aux pages 110-118 de son livre.

Atomes, radioactivité, transmutations comprend trois parties. La première rappelle quelques données importantes de la physique classique (structure de la matière, classification des éléments, corpuscules électrisés). La deuxième est un inventaire schématique, mais suffisant, des théories modernes (relativité, quanta, modèles d'atomes). La troisième, de beaucoup la plus étendue, est consacrée aux désintégrations (spontanées) et aux transmutations (provoquées).

Si le mot « radioactivité » ne date que de la fin du siècle dernier, les mots « atomes » et « transmutations » ont un long passé derrière eux ; mais on se méprendrait gravement « en attribuant à ceux-ci le sens que les philosophes grecs et les alchimistes leur donnaient autrefois ». En particulier, si nous voulions démontrer, aujourd'hui, que Démocrite avait raison contre ses adversaires — et notamment contre Aristote — de considérer la matière comme discontinue, force nous serait d'invoquer des arguments d'ordre expérimental, qui étaient *tous ignorés* et d'Aristote et de Démocrite. Et, d'autre part, quand les alchimistes du moyen âge (et les « alchimistes » actuels) parlent de transmutations, ce sont là des erreurs *grossières* d'interprétation : les moyens mis en œuvre sont ridiculement inefficaces et font penser à un inventeur qui prétendrait atteindre le centre de la Terre en améliorant la technique des puisatiers.

Si donc on néglige le point de vue étroitement grammatical, on peut affirmer qu'en fait, le sujet est entièrement nouveau. Même, il ne reste plus grand'chose des idées de John Dalton (1766-1844), qui ressuscita les atomes (en les considérant comme insécables) pour interpréter les résultats de l'analyse chimique. Vue féconde, sans aucun doute, puisqu'elle suggéra, un demi-siècle plus tard, à Dimitri Mendéléïeff (1834-1907) de préciser la « parenté » qui

(1) MAURICE DE BROGLIE, *Atomes, radioactivité, transmutations*. Prix franco : France 25 f ; étranger, 29 f.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n^{os} 143 et 151.

unit les divers éléments, lesquels sont comparables aux lettres formant les mots : un petit nombre d'éléments, en effet, suffisent à bâtir tous les corps matériels, dont nous constatons les aspects si disparates. Mais, tant avec Mendéléïeff qu'avec Dalton, les éléments étaient des unités irréductibles, et c'est une thèse contemporaine que de déclarer, sans contestation possible, que les éléments se construisent tous avec quelques matériaux communs.

Tout le monde sait maintenant que, dans une portion usuelle de matière, dans une locomotive ou dans une prune, le nombre des atomes déjoue les fantaisies les plus téméraires de l'imagination. Après tant d'autres, Maurice de Broglie propose une analogie qui mérite d'être retenue : « Le nombre des atomes présents dans un litre d'eau est tellement considérable que, si l'on versait ce litre dans la masse totale des océans, puis que l'on suppose qu'il s'y mélange complètement, un verre d'eau de mer, *pris n'importe où*, contiendrait plusieurs centaines d'atomes provenant du récipient initial ». Et l'auteur conclut judicieusement : « On voit ainsi quelle distance pratique il y a, entre les phénomènes qui font intervenir les atomes un à un, et ceux qui concernent la matière prise en quantités comparables à celles que nous manions d'ordinaire. » Le biologiste André Mayer faisait remarquer que *chacun de nous* a commencé son existence en occupant un volume dont les dimensions linéaires ne dépassent pas 1 micron (1 millième de millimètre) : à ce moment-là, le futur être humain ne possède, pour tout capital, que quelques dizaines de millions d'atomes ; cela suffit pour faire un Pasteur ou un Hitler...

Bien entendu, cette première partie explique en détail les *théories cinétiques* : mouvements des assemblages d'atomes (molécules), mouvements des fragments d'atomes (électrons libres, positrons, hélions). Entre molécules, les chocs ne sont « que des effleurements légers : elles rebondissent les unes sur les autres sans se pénétrer profondément » ; pour nous familiariser avec une unité de mesure dont la microphysique ne saurait plus se passer, l'énergie de chaque molécule de l'atmosphère ne dépasse pas quelques centièmes d'électron-volt, alors que les hélions, expulsés spontanément du thorium C', atteignent presque neuf millions d'électron-volts. Ce sont-là des données qui sont devenues familières à nos lecteurs, ainsi que les photographies des trajectoires de brouillard dans la chambre de Wilson. Nous serions plutôt portés à nous étonner que l'humanité ait mis si longtemps à s'apercevoir de l'inévitable présence de l'électricité dans toute espèce de matière : « cela tient à ce qu'en général, sous la forme statique, les manifestations naturelles de l'électricité sont faibles et fugaces ».

Nous passerons rapidement sur les cinquante et quelques pages de la seconde partie, pour cette double raison qu'il en a été souvent question dans ces colonnes et qu'un tableau, déjà très succinct, des conceptions théoriques ne saurait se résumer en quelques lignes. La relativité restreinte d'Einstein s'est imposée en microphysique par une de ses conséquences essentielles : l'identité de la masse et de l'énergie, grâce à laquelle on débrouille avec aisance les écheveaux enchevêtrés des transmutations. Quant à la théorie des quanta, elle est « beaucoup plus révolutionnaire que celle de la relativité, et plus importante aussi par ses conséquences, car, sans eux, les phénomènes de la nature seraient absolument différents de ce qu'ils sont » ; c'est ainsi qu'il est impossible « de transporter intégralement dans le domaine de l'infiniment petit les notions de position et de mouvement, que nous avons coutume de considérer comme applicables partout où nous cherchions à les introduire ». C'est à ce propos également que de Broglie fournit des précisions saisissantes sur les diverses régions de l'atome, « mettant à part, d'un côté, l'essentiel de celui-ci et, de l'autre, ce qui en pourra être séparé sans grand dommage ». L'essentiel — on l'a reconnu —, c'est le noyau, dont la rupture met en jeu des millions d'électron-volts. Et le reste, c'est le nuage électronique, dont la haute atmosphère explique notamment la cohésion, l'électrolyse (quelques électron-volts) et toute la chimie, tandis que la basse atmosphère est en relations avec les rayons X, dont l'énergie se chiffre par milliers et milliers d'électron-volts.

Les éléments auxquels les chimistes conféraient l'immutabilité sont maintenant des illustrations du transformisme ; comme l'écrit de Broglie, une sorte d'évolution les fait, « au cours du temps, procéder les uns des autres, un peu à la manière dont les espèces vivantes ont pu se succéder dans la suite des âges ». Il nous raconte alors la merveilleuse histoire de la radioactivité naturelle qui, jusqu'à ces derniers temps, comprenait trois familles, celles de l'uranium, du thorium et de l'actinium ; « on a pu obtenir artificiellement une quatrième famille radioactive, probablement analogue aux trois autres ». Du coup, nous nous sommes habitués à considérer que « les réactions étudiées par la chimie ne représentent qu'une partie des phénomènes dont les atomes peuvent être le siège. L'analyse des migrations des membres successifs d'une même famille radioactive à travers la classification de Mendéléïeff a montré que les propriétés chimiques ne caractérisent pas forcément un atome et que des éléments peuvent avoir des propriétés communes jusqu'à l'identité, tout en restant profondément différents au point de vue des pro-

priétés internes de leur noyau ». Nous reconnaissons au passage la notion d'« isotopes », qui est une des chevilles ouvrières de la récente microphysique.

1896 : découverte des désintégrations (spontanées) ;

1919 : découverte des transmutations (provoquées) ;

1934 : découverte de transmutations engendrant des éléments susceptibles de se désintégrer.

Tels sont les trois jalons qui marquent le développement de cette nouvelle physique nucléaire. En des phrases heureuses, réparées dans tout son ouvrage, Maurice de Broglie insiste sur les divers caractères qui opposent cette science à la chimie habituelle : « Les domaines sont nettement tranchés ; cela tient principalement à la très grande différence d'ordre de grandeur des énergies individuelles qu'il faut mettre en jeu dans les opérations que ces deux sciences effectuent. Les phénomènes étudiés par la microphysique sont bien plus difficiles à provoquer que les réactions qui font l'objet de la chimie ; c'est pourquoi il a fallu plus de cent ans pour passer de l'une à l'autre... Les phénomènes chimiques sont capables d'intéresser presque immédiatement l'ensemble des atomes, tandis que les transmutations ne se réalisent qu'en suite de rencontres beaucoup plus exceptionnelles et sont, jusqu'à présent, limitées à des portions infinitésimales de matière, quelques millions d'atomes à la fois, ce qui est impondérable... Le rendement des bombardements est très faible ; sur un million de projectiles, un seul, en moyenne, se montre efficace, ce qui est facilement compréhensible si l'on songe à la petitesse de la cible (constituée par un noyau atomique) et à la nécessité de chocs directs pour aboutir à sa rupture... On commence d'ailleurs à parler d'appareils qui produisent le même résultat que des centaines de grammes et même des kilogrammes de radium... Le noyau atteint explose, en dégageant une énergie considérable, mais si celle-ci peut être grande par rapport à celle du projectile qui a déclenché la transmutation, elle reste faible devant la *totalité* de l'énergie de l'essaim de projectiles qu'il a fallu lancer pour provoquer la fragmentation d'un *seul* noyau... Les énergies que mettent en jeu les réactions qui effectueraient la décomposition des anciens corps simples sont plus d'un million de fois supérieures à celles que pouvaient envisager les savants du XIX^e siècle... La quantité de chaleur dégagée par la libération d'un atome d'hélium à partir du radium est un million de fois plus grande que les énergies des réactions chimiques. C'est précisément cette

énorme différence qui sépare les puissantes liaisons intranucléaires des phénomènes étudiés par la chimie, et qui contraint d'attribuer, à ces deux domaines de la science, des frontières bien nettes... Dans la matière ordinaire, les atomes sont à peu près au contact, ce qui permet la propagation des phénomènes chimiques, qu'il suffit d'amorcer pour les voir s'étendre à la masse entière des réactifs intéressés, tandis qu'heureusement pour nous, l'écartement relativement énorme des noyaux limite immédiatement les perturbations qui peuvent affecter l'un d'eux, et nous évite probablement l'explosion universelle qui s'ensuivrait, si l'incendie pouvait gagner de proche en proche... Il ne s'agit pas, naturellement, de trouver là, dès maintenant, un procédé pratique d'extraction et d'utilisation de cette énergie intranucléaire qui dort, sous forme de masse inerte, dans les entrailles de la matière, puisqu'il faut lancer plusieurs centaines de milliers de projectiles en pure perte pour avoir chance de produire *une* transmutation, quand l'un d'eux frappe d'une façon favorable la cible étroite qu'il doit atteindre ; mais la démonstration est faite, cependant, d'une possibilité qui n'a aucune raison de rester toujours dans le domaine des chimères ».

L'auteur nous apporte une remarquable documentation sur les faits les plus récents : rayons cosmiques ; diamètres des noyaux atomiques ; masse du proton ; isolement d'isotopes, qui subissent des transmutations distinctes ; scission inattendue d'éléments lourds (comme l'uranium), qui abandonnent deux noyaux de masses analogues... Une mention particulière doit être réservée à ces curieux neutrons, qui se révèlent comme des agents efficaces de bombardement, puisque leur absence de charge électrique les autorise à franchir gaillardement « la barrière de potentiel » qui protège les noyaux atomiques. Il est bien étrange, ce constituant fondamental de la matière : on ne conçoit pas qu'on puisse jamais « le mettre en bouteille », étant donné qu'une paroi solide est, pour lui, « l'équivalent d'un bon vide et que même une grande épaisseur ne saurait le retenir et l'empêcher de s'échapper ». Corpuscules très dangereux pour les êtres vivants, car leurs effets physiologiques sont au moins aussi redoutables que ceux des rayons X.

Pour tout dire, au même titre que deux ou trois autres exposés — dont *La Science et la Vie* a rendu compte dès leur parution — le livre de Maurice de Broglie constitue un excellent guide pour le profane qui désire « être à la page », en pénétrant les arcanes de la microphysique. [MARCEL BOLL.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

Amplificateurs basse fréquence à contre-réaction

LA technique des amplificateurs à contre-réaction fut utilisée pour la première fois il y a quelques années. Elle servit, dès ses débuts, à améliorer les caractéristiques d'amplification des « répéteurs téléphoniques ». Ces petits amplificateurs, placés de distance en distance sur le parcours des câbles téléphoniques à longue distance, doivent compenser, sans introduire de distorsion d'aucune sorte, l'affaiblissement que subissent les courants téléphoniques de toutes fréquences qui s'y propagent ; avec

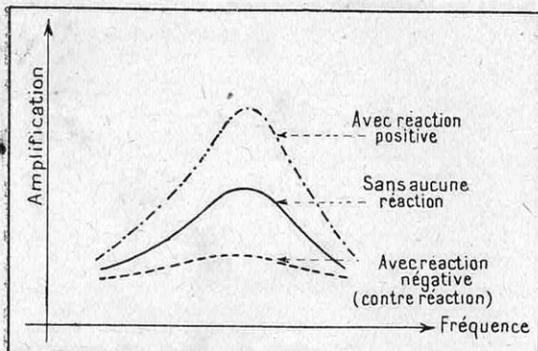


FIG. 1. — INFLUENCE DES RÉACTIONS POSITIVES ET NÉGATIVES SUR LA « COURBE DE RÉPONSE » D'UN AMPLIFICATEUR BASSE FRÉQUENCE

les amplificateurs à contre-réaction tels qu'on les utilise dans cette application particulière, le gain obtenu devient pratiquement indépendant de la régularité des caractéristiques des tubes utilisés et des variations de tension de la source d'alimentation. Les très intéressantes propriétés de ces nouveaux circuits sont désormais d'un emploi plus généralisé et il n'est pas, à l'heure actuelle, de récepteur radiophonique de bonne qualité qui n'en fasse usage.

L'amplificateur à contre-réaction, ou, si l'on préfère, à réaction négative, se différencie d'un amplificateur ordinaire par le fait qu'une partie de l'énergie disponible à la sortie est réappliquée à l'entrée, en opposition de phase avec le signal à amplifier. C'est donc la différence entre ces deux tensions qui excite réellement l'amplificateur ; il en résulte à la fois une diminution du gain apparent de l'amplificateur, et une amélioration très nette des qualités de ce

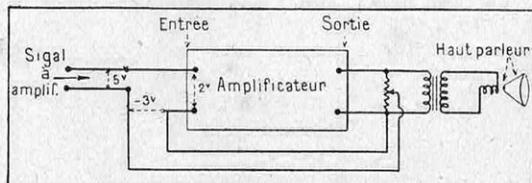


FIG. 2. — PRINCIPE DE LA CONTRE-RÉACTION

dernier. En effet, alors qu'une réaction positive renforce l'amplification des fréquences les plus amplifiées et ainsi accroît la sélectivité des circuits qui lui sont connectés, la réaction inverse ou négative aura des effets opposés ; elle réduira d'autant plus l'amplification pour chaque fréquence qu'elles auront été plus amplifiées. Le gain de l'amplificateur, par suite de cette auto-compensation, tendra vers la même valeur pour tout spectre de fréquence à transmettre.

Nous pouvons résumer d'une façon plus précise les propriétés des bons circuits à contre-réaction de la façon suivante :

a) Amélioration de la « caractéristique de fréquence ». — Si nous examinons le fonctionnement d'un amplificateur basse fréquence excitant un haut-parleur électrodynamique, nous voyons que, pour différentes raisons, le gain varie notablement avec la fréquence du son : les liaisons entre étages par résistances et capacités provoquent une diminution du gain pour les fréquences inférieures à 100 ou 200 pér/s. Les capacités parasites des connexions et, plus spécialement, les capacités internes des tubes provoquent une diminution du gain au delà de 3 000 pér/s. Le haut-parleur lui-même n'offre pas la même impédance pour toutes les fréquences ; le gain de l'am-

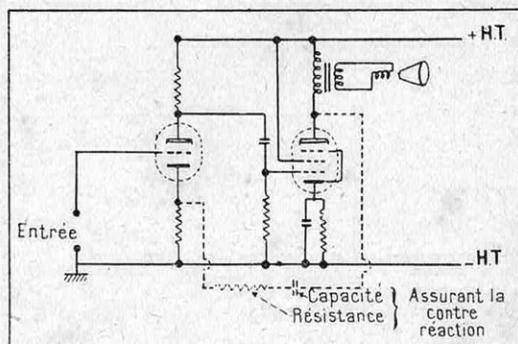


FIG. 3. — CONTRE-RÉACTION APPLIQUÉE AUX DEUX ÉTAGES D'UN AMPLIFICATEUR B. F.

plification s'en trouvera ainsi affecté. De plus, l'ensemble du haut-parleur et de l'ébénisterie qui le contient présente des résonances mécaniques et acoustiques ; ces résonances se traduisent, elles aussi, par un accroissement d'impédance à la sortie du dernier étage. Une contre-réaction proportionnelle à la tension aux bornes du haut-parleur réduira considérablement ces inégalités d'amplification ;

b) *Réduction des distorsions « non linéaires » ou distorsions d'amplitude.* — L'amplification avec contre-réaction restant non seulement constante en fonction de la fréquence, mais aussi en fonction de l'amplitude des signaux, les harmoniques créés par la courbure des caractéristiques des tubes seront très amoindris ;

c) *Réduction des bruits parasites.* — La contre-réaction permet de réduire les bruits de fond qui prennent naissance dans l'amplificateur, tels que les ronflements provoqués par un mauvais filtrage de la tension d'alimentation.

Dans les amplificateurs basse fréquence des récepteurs de radiophonie et, plus généralement, des reproducteurs de musique, la réaction se fait toujours proportionnellement à la tension aux bornes du haut-parleur ou, plus généralement, à la tension aux bornes du primaire du transformateur de liaison entre le dernier étage et le haut-parleur proprement dit.

Cette tension de contre-réaction peut être appliquée en une seule fois à tout l'amplificateur. La figure 3 nous en montre un exemple ; dans ce circuit, une partie de la tension prise aux bornes du transformateur du haut-parleur est réappliquée sur la cathode du premier tube au moyen d'une résistance et d'une capacité. Cependant, il semble qu'il soit plus facile de respecter l'opposition de phase entre le signal d'attaque et le signal de réaction lorsque celle-ci n'est appliquée qu'étage par étage. La figure 4 montre un système de contre-réaction très utilisé lorsque la liaison entre étages se fait par transformateur : la grille

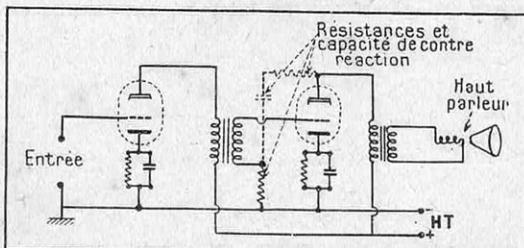


FIG. 4. — CONTRE-RÉACTION APPLIQUÉE AU DERNIER ÉTAGE D'UN AMPLIFICATEUR B. F.

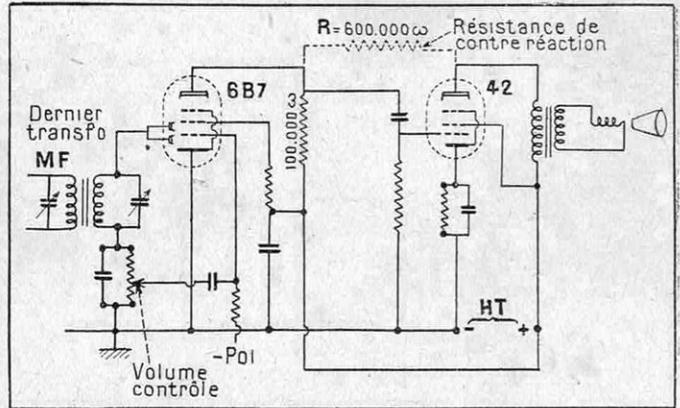


FIG. 5. — CONTRE-RÉACTION APPLIQUÉE AU DERNIER ÉTAGE D'UN AMPLIFICATEUR B. F. TRÈS CLASSIQUE

de l'étage final reçoit, d'une part, le signal provenant de l'étage précédent par l'intermédiaire du transformateur de liaison et, d'autre part, le signal de contre-réaction appliqué sur une résistance placée en série avec le secondaire du transformateur.

Dans le cas plus fréquent d'une liaison entre étages par résistances et capacité, la contre-réaction se fait d'une façon simple à l'aide d'une seule résistance de grande valeur (quelques centaines de milliers d'ohms), reliant l'anode de l'étage final à l'anode de l'étage précédent (fig. 5).

Le tableau ci-dessous montre les excellents résultats obtenus en ajoutant une résistance de contre-réaction de 600 000 Ω sur la partie basse fréquence d'un récepteur très classique équipé de lampes américaines types 6B7 et 42.

| | Sans contre-réaction | Avec contre-réaction |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Distorsions totales à 3,5 W..... | 12,8 % | 3,1 % |
| Distorsions dues à l'harmonique 2. | 5,4 % | 1,32 % |
| Distorsions dues à l'harmonique 3. | 11,6 % | 2,8 % |
| Tension d'excitation de la 42... | 10 V eff. | 38 V eff. |
| Tension d'excitation de la 6B7. | 0,1 V eff. | 0,45 V eff. |

Pour un amplificateur de phonographe un peu plus puissant, équipé de deux lampes américaines 6J7 et 6L6, le taux total de distorsion, primitivement de 10 %, a été réduit à 2,5 % pour une même puissance de sortie de 6,5 W. De tels résultats, obtenus d'une façon aussi simple, permettent d'affirmer que, dans un avenir proche, les appareils reproducteurs de musique bénéficieront tous, sans exception, des très intéressantes propriétés de ces circuits à contre-réaction (1).

ANDRÉ LAUGNAC.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 435.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Un nouveau piano électronique : l'« électone »

EN Amérique vient d'apparaître un nouvel instrument de musique qui présente la particularité de combiner le mécanisme habituel du piano, clavier, marteaux et cordes, avec des combinaisons de circuits électriques destinés, d'une part, à amplifier les sons, d'autre part, à modifier leur timbre à volonté pour imiter divers instruments à cordes ou à vent. L'absence de caisse de résonance fait qu'en frappant les touches du clavier, on n'entend pratiquement aucun son lorsque le système amplificateur ne fonctionne pas. Normalement, les sons, amplifiés au niveau voulu, proportionné aux dimensions de la salle d'exécution, sont émis par un haut-parleur ; un dispositif spécial, commandé par une pédale auxiliaire, introduit dans les divers circuits un dispositif de volume-contrôle supplémentaire qui a pour effet de provoquer une augmentation de l'intensité des sons, au lieu de la diminution habituelle qui suit l'attaque d'une corde de piano.

Pour les exécutions normales, c'est-à-dire celles de musique pour piano, les sons sont recueillis sur chaque corde par un pick-up élec-

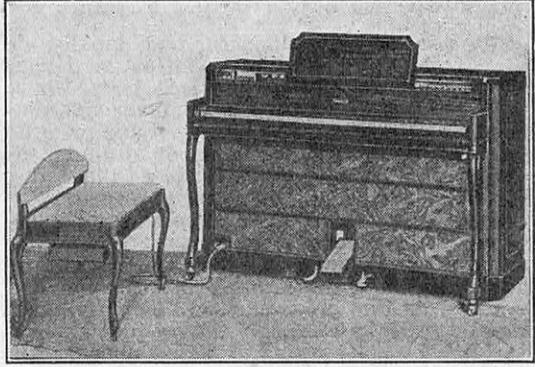


FIG. 3. - VUE EXTÉRIEURE DE L'« ÉLECTONE »

trostatique disposé à l'extrémité de la corde, de manière à conserver la proportion habituelle d'harmoniques du son fondamental. Pour imiter d'autres instruments, on s'arrange pour modifier la répartition des harmoniques. Dans ce but, le long de chaque corde (l'instrument en compte 88 au total) et en des points convenablement choisis sont placées trois petites plaques. Cha-

cune d'elles joue le rôle d'une armature d'un microphone à condensateur (l'autre armature étant constituée par la corde elle-même), et recueille certains harmoniques, qui sont amplifiés séparément et mélangés en proportions convenables par un jeu de trois boutons. Cependant, pour que l'imitation d'instruments divers soit parfaite, il convient de faire disparaître le choc résultant de l'action du marteau sur la corde, dans le cas de l'orgue par exemple, ou au contraire de l'amplifier, dans le cas du banjo. Ceci est obtenu d'une manière ingénieuse en appliquant à l'ensemble des cordes une tension de polarisation constante et, à chaque corde quand elle est jouée, une tension de polarisation qui se substitue à la première, mais avec un certain retard. Pour cela, chaque touche ferme un contact qui applique la deuxième tension à la corde à travers un circuit retardateur, de sorte que cette tension ne se fait sentir qu'au bout d'une fraction de seconde. Si la première tension est très faible et la deuxième très forte, les pick-up, lors de l'attaque de la note, sont insensibles et ne transmettent le son que lorsque la corde a adopté un régime de vibrations stable (cas de l'orgue). Si, au contraire, la pre-

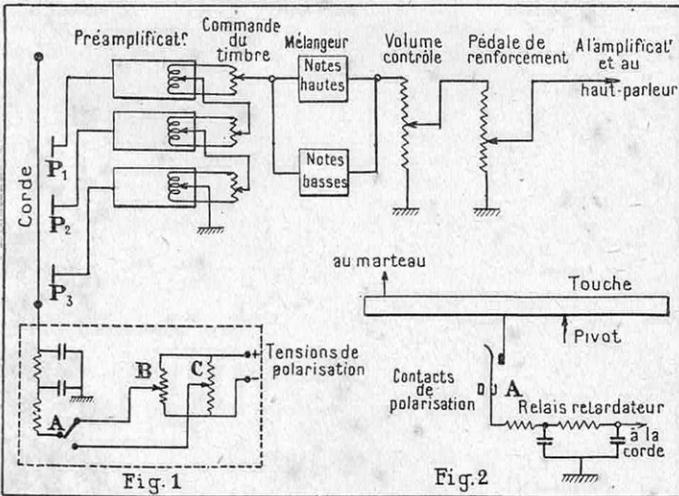


FIG. 1 ET 2. — SCHEMA D'ENSEMBLE DU PIANO « ÉLECTRONIQUE » ET DÉTAIL DU DISPOSITIF DE COMMANDE DE LA POLARISATION DES CORDES POUR LE PASSAGE DU « PIANO » A L'« ORGUE » ET AU « BANJO »

En haut (fig. 1), les trois pick-up P₁, P₂, P₃ alimentent les circuits réglant le timbre et l'intensité des sons. En bas est schématisé le dispositif de polarisation des cordes (voir figure 2), le contact A étant solidaire de la touche correspondant à la corde et les curseurs B et C réglant la valeur relative des tensions de polarisation. Lorsque la touche est abaissée, le contact A, que l'on retrouve figure 1, modifie la polarisation de la corde, les variations de tension se faisant sentir avec un retard fonction du réglage du relais retardateur.

mière est forte et la deuxième faible, le régime transitoire de l'attaque est amplifié (cas du banjo). Pour le piano, les deux tensions sont égales.

L'« électone » est équipé d'un jeu de 10 boutons poussoirs réalisant des combinaisons de timbres choisies à l'avance et de deux contacts à trois positions modifiant l'attaque des notes suivant les modalités ci-dessus, chaque contact se rapportant à la moitié inférieure ou supérieure du clavier.

Pour la sécurité en avion

C'EST presque énoncer une lapalissade que de dire qu'en aviation le danger n'est pas en l'air, mais à terre. Toute recherche destinée à diminuer suffisamment l'effet de choc au moment d'une prise de contact trop brusque avec le sol et à annuler ses conséquences, dont la plus néfaste est l'incendie, doit donc contribuer à accroître la sécurité.

Nous avons déjà signalé (1) comment l'amortisseur-élévateur de M. L. Nazaire constituait un élément précieux à cet égard. Voici que l'inventeur vient de faire breveter un nouveau dispositif destiné précisément à combattre tout risque d'incendie en même temps qu'il amortit les chocs. La place nous fait défaut pour décrire en détail ce système de sécurité. Disons simplement qu'il est fondé sur la suspension élastique des sièges qui leur permet, suivant les cas, soit leur recul (par rapport à la carlingue) (2) par l'action de tampons entrant en contact avec le sol (cas de chute piquée), soit leur descente vers le fond de l'habitacle par contact du toit de cet habitacle avec le sol (cas de capotage) (fig. 4 et 5).

C'est encore le mouvement de recul relatif des sièges par rapport à la carlingue qui est utilisé pour effectuer les manœuvres nécessaires

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 44, page 543.

(2) En réalité, les sièges continuent d'avancer, mais, freinés par les amortisseurs, ils le font moins vite que la carlingue. Leur mouvement relatif par rapport à celle-ci est donc bien un recul.

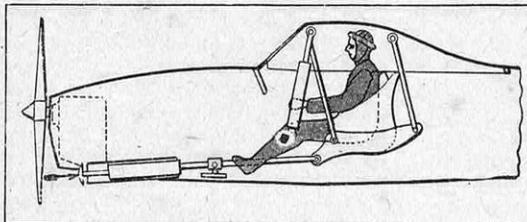
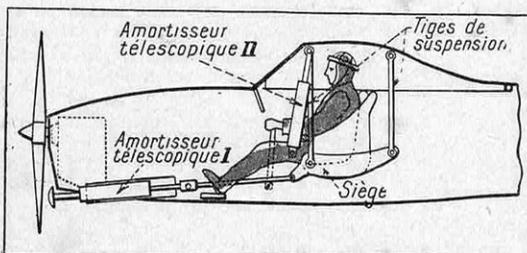


FIG. 4 ET 5. — POSITIONS DU SIÈGE ET DU PILOTE AVANT ET APRÈS LE CONTACT BRUSQUE DE L'AVION AVEC LE SOL

On voit, sur la figure 5, que le siège a reculé par rapport à la carlingue, son mouvement en avant étant freiné par les amortisseurs.

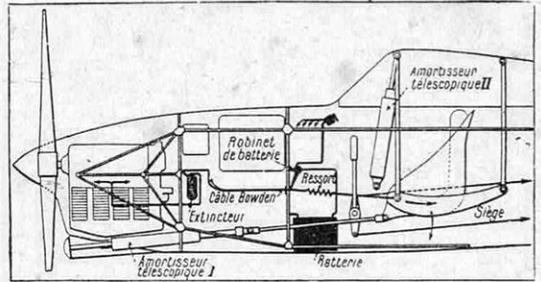


FIG. 6. — DISPOSITIF DE MANŒUVRE DE L'EXTINCTEUR ET DE RUPTURE DU CONTACT D'ALLUMAGE ET DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

en vue de prévenir tout danger d'incendie (fig. 6). Elles consistent à rompre automatiquement le contact de l'allumage du moteur et les circuits électriques et à déclencher en même temps l'action de l'extincteur de bord. A cet effet, le recul du siège actionne le robinet de batterie et le dispositif de percussion de l'extincteur par l'intermédiaire d'un câble Bowden.

Ainsi l'inventeur a réussi à utiliser la force d'inertie, cause de tout le mal au moment du choc, pour la mettre au service de la sécurité, en l'absorbant dans des amortisseurs d'une part, en en faisant l'agent de prévention contre l'incendie, d'autre part.

L. NAZAIRE, 136, avenue Parmentier, Paris (11^e).

Pour protéger la vue

LE verre « Stigmal » en teintes foncées n'est pas un quelconque verre coloré, c'est un véritable verre médical au même titre que le verre « Stigmal » bien connu.

Grâce aux oxydes de terres rares qui entrent dans sa composition, il filtre soigneusement les rayons lumineux et élimine tous ceux qui sont nocifs pour la vue.

Le verre « Stigmal » en teintes foncées est le verre protecteur idéal, car il évite l'éblouissement par le soleil sans dénaturer les couleurs. Il est parfait à la mer en été, à la montagne, sur la neige en hiver.

Le verre « Stigmal » en teintes foncées existe en verre afocal uniquement protecteur et en verre à foyers, pour les personnes dont la vue exige le port de verres protecteurs.

Fabriqué par la Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, à Paris, le verre « Stigmal », clair ou foncé, est en vente chez tous les opticiens.

Le microscope contrôle la précision de l'usinage

DANS les laboratoires et les ateliers des industries métallurgiques, la mesure précise, au moyen d'appareils d'optique, est maintenant couramment utilisée pour contrôler les objets usinés ou des pièces types telles que les outils de forme, les gabarits, les filetages, etc. Le nouveau microscope mesureur d'atelier mis au point par Zeiss est, à cet égard, particulièrement utile. Il permet, par exemple, les mesures des filetages (diamètre sur flancs, diamètre au fond des filets, sur les sommets saillants jusqu'à 50 mm, le pas, l'angle des flancs, le profil, etc.), les mesures d'angles des

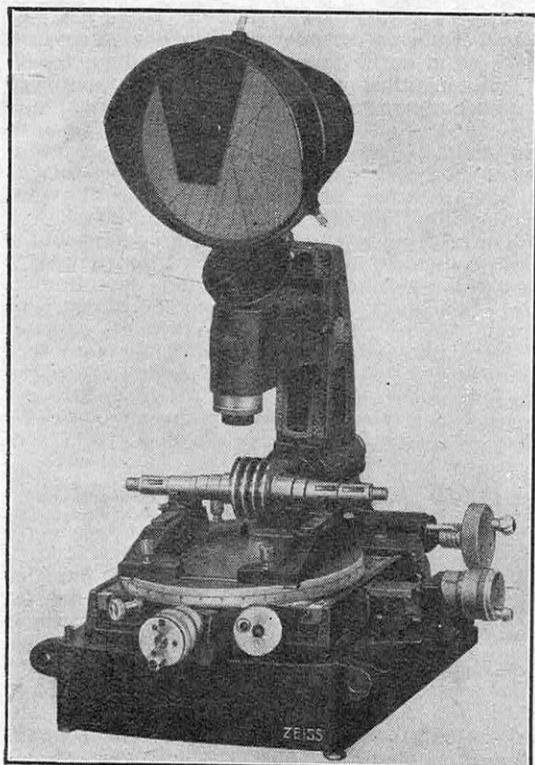


FIG. 7. — VÉRIFICATION D'UNE VIS SANS FIN

On voit sur l'écran supérieur le profil du filet de la vis en même temps que les lignes de repère qui sont la projection des réticules de l'oculaire.

outils de filetage, des fraises, fraises de format, etc., d'angles de gabarits, etc.

L'appareil se compose en principe d'un microscope fixé au-dessus d'une table-support susceptible de recevoir deux mouvements rectilignes rectangulaires et d'une plate-forme tournante. Son grossissement normal est de 30. Avec des objectifs spéciaux, il peut être de 15 ou 10 seulement, grossissements qui correspondent aux plaques gravées des oculaires interchangeables et donnent un champ visuel proportionnel. Ajoutons que le microscope donne une image redressée.

Les déplacements longitudinaux et transversaux de la table sont commandés par deux vis micrométriques de 25 mm, et la précision de lecture des tambours têtes de ces vis atteint 0,005 mm. Quant à la plate-forme tournante, sa rotation peut être réglée au dixième de degré.

Enfin, cet appareil peut être équipé d'un dispositif de projection qui donne sur un verre dépoli le même grossissement qu'en vision directe et permet de comparer instantanément un tracé sur calque à l'ombre projetée de la pièce dont on veut vérifier le contour. Une lampe de 12 V assure l'éclairage. De plus, une chambre photographique 9×12, se fixant sur le tube du microscope de la même façon que le dispositif de projection, permet d'enregistrer le contrôle effectué.

La figure 7 montre notamment comment on vérifie une vis sans fin. Comme pour le contrôle de tout filetage, on commence par incliner le microscope d'un angle égal à celui de la tangente à l'hélice afin que les deux flancs du file-

tagé soient au point en même temps. La vis sans fin étudiée est placée sur les supports en V de la table. On voit alors apparaître sur l'écran, et grossi, le filet examiné. On peut donc en mesurer le pas, l'angle des flancs, la hauteur du profil, etc. On voit en particulier d'un seul coup d'œil si le profil coïncide exactement avec les traits de repère tracés sur cet écran.

50,537 km dans l'heure à bicyclette à pédalage horizontal

DEPUIS que Marcel Berthet dans son *Vélocdyne*, construit par M. Riffard, ingénieur de la maison Caudron, avait battu le record de Francis Faure de la meilleure performance sur l'heure à bicyclette, ce dernier voulait absolument reprendre son titre. Aussi a-t-il demandé aux Etablissements Vélocar de lui caréner une bicyclette horizontale dont il est un des fervents propagandistes et dont ils sont les constructeurs.

Voici ce que M. Mochet nous a déclaré à ce sujet :

« La tâche était difficile : M. Riffard étant un très grand technicien de l'aérodynamisme, on ne pouvait pas compter réaliser un coefficient de pénétration meilleur que celui qu'il avait obtenu. D'autre part, le *Vélocdyne* était si léger que l'on ne pouvait pas davantage compter sur une diminution du poids de l'appareil pour une augmentation de vitesse.

« Il ne restait donc qu'une chance de battre le record de Berthet, c'était de construire un véhicule qui, profitant des avantages du pédalage horizontal, eût un maître couple beaucoup plus petit que le *Vélocdyne* dessiné par Riffard.

« Le vélocar à caréner fut donc construit très bas, le siège à 10 cm du sol. Le pédalier étant placé très haut, le pilote cache son corps derrière ses jambes. L'appareil une fois carrossé, les roues ne doivent dépasser que de quelques centimètres.

« Pour la machine de record, nous avons poussé au maximum le carénage : celui-ci n'est donc pas seulement latéral, mais également supérieur et inférieur, la carrosserie est très lisse et vernie, la tête elle-même est carénée.

« Dans un essai sur 4 km, F. Faure atteint 56,4 km/h au Vélodrome d'Hiver, à Paris, et lors d'une tentative officielle en plein air, 50,537 km sont parcourus. Le record était donc battu.

« Toutefois, une telle machine est délicate à piloter, le cycliste ne percevant les réactions de l'air que par l'inclinaison de l'appareil. Or,



FIG. 8. — LE « VÉLOCAR » CARÉNÉ POUR LE RECORD DE FRANCIS FAURE

M. Mochet, désirent rendre pratique ce dispositif, a fait effectuer d'autres essais. Il suffit notamment de dégager la tête du pilote pour retrouver les conditions normales d'équilibre, au prix d'une légère perte de vitesse : 55,4 km/h sur 4 km contre 56,4 km/h avec le carénage de la tête.

« Il apparaît donc que si l'on peut entrevoir les 60 km dans l'heure avec une machine de record, on peut estimer qu'un carénage partiel doit permettre d'établir des bicyclettes de tourisme à pédalage horizontal plus rapides que des vélos de course ordinaires. »

M. MOCHET, 66, rue Roque-de-Fillol, Puteaux (Seine).

Pour la sécurité des liaisons par radio à bord des avions, voici un dispositif pour la suppression des parasites d'origine statique

UNE forme de parasite particulièrement redoutable en aviation est connue sous le nom de « parasite de précipitation » qui résulte des décharges des quantités d'électricité statique accumulées sur l'avion lorsqu'il se déplace à travers des régions de potentiel différent.

Les décharges, ainsi qu'il a été prouvé dans une série d'essais conduits par les ingénieurs des « United Air Lines », se produisent sur les lignes de fuite à l'arrière de l'avion, là où les surfaces présentent les angles les plus aigus. Le bruit électrique résultant de cette décharge est si grand dans certains cas qu'il rend complètement inefficace le système de communication par radio sur l'avion.

Beaucoup d'appareils antiparasites, tels que les cadres dotés d'écrans électrostatiques complets, ont été utilisés, mais n'ont donné qu'une amélioration partielle. Or, ce type de parasite est particulièrement gênant, car il se produit précisément au moment où les communications radioélectriques sont les plus utiles : pendant les chutes de neige, les averses et dans les nuages.

Un nouvel appareil, constitué par un fil qui se déroule à l'arrière de l'avion, a été mis au point par les « United Air Lines » en collaboration avec la « Bendix Radio Corporation ».



FIG. 9. — ALVÉOLES À L'ARRIÈRE DE L'AVION ET FUSÉE ASSURANT LE DÉROULEMENT DU FIL D'ACIER

A l'arrière de l'avion (fig. 9), deux alvéoles contenant chacune un dispositif analogue à une fusée qui est lâchée par un dispositif électrique commandé par le pilote. En réalité, ces fusées consistent en une simple

manche à vent et un ressort qui les projette et leur permet de dérouler une longueur d'environ 15 à 18 m de fil d'acier. Comme le diamètre de ce fil est suffisamment petit pour présenter le rayon de courbure le plus petit de toute la surface de l'avion, les décharges statiques se produisent à partir de ce fil. Celui-ci est suffisamment long pour que ces décharges se produisent à une distance considérable derrière l'avion, c'est-à-dire loin des antennes réceptrices.

Du reste, pour empêcher que les composantes des fréquences radioélectriques appartenant à ces décharges ne reviennent dans les circuits, un « bouchon » est installé sur le fil sous la forme d'une résistance spécialement conçue.

Deux fils semblables sont prévus de manière à faire face à deux attaques successives de parasites pendant le même vol. Ce dispositif est installé sur tous les avions bi-moteurs Douglas des « United Air Lines ».

Pour lutter contre les algues dans les piscines

L'ENVAHISSEMENT d'une piscine par les algues, qui se développent sur toutes les parties baignées par l'eau, mais principalement sur les parois verticales, les échelles, etc., constitue un inconvénient des plus sérieux et qui, s'il est assez rare lorsque l'eau est renouvelée périodiquement, est au contraire très fréquent dans les installations où l'on se contente de compenser les pertes par évaporation et débordement, l'eau étant traitée « en circuit fermé » par filtration et désinfection au moyen du chlore ; dans ce dernier cas apparaissent, en outre, des algues microscopiques communiquant au liquide une couleur et une odeur peu engageantes.

Le problème a été, ces temps derniers, très étudié en Allemagne, et l'on a constaté que les procédés auxquels on aurait pu songer tout d'abord (application de peintures toxiques pour les organismes inférieurs, du type employé pour les carènes, addition de sulfate de cuivre, etc.), bien qu'assez efficaces, constituent des moyens de lutte nettement inférieurs à celui qui consiste à prendre l'ennemi par la faim : les algues en question sont des algues vertes, c'est-à-dire des plantes à chlorophylle, dont la croissance nécessite la présence de gaz carbonique ; or, on sait qu'une addition convenable de chaux permet d'éliminer complètement, sous forme de carbonate de calcium insoluble, le gaz carbonique libre ou dissous à l'état de bicarbonates. Ce procédé si simple a donné d'excellents résultats ; il pourrait d'ailleurs être employé dans bien d'autres cas, et notamment pour le traitement des eaux d'arrosage des jardins, où la formation d'algues est parfois fort gênante, allant jusqu'à l'obstruction des tuyaux, etc...

Moteurs hors-bord électriques

UNE firme anglaise a mis au point un moteur électrique alimenté par accumulateurs et destiné à équiper de petits bateaux. La mise en marche est instantanée, la conduite très simple, enfin le silence est remarquable, point important pour la pêche. Deux vitesses sont prévues pour l'hélice : 460 tours/mn en consommant 30 A, et 210 tours/mn en consommant 12 A (en supposant la batterie de 12 V).

V. RUBOR.

BULLETIN A DÉTACHER
 POUR COMMANDER LE GUIDE COMPLET
DES CARRIÈRES DE L'ÉTAT
 A L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION

28, Boulevard des Invalides, 28, PARIS (7^e)

En me recommandant de « La Science et la Vie », je vous prie d'envoyer le guide susvisé de 96 pages, in-8 coq., indiquant les Carrières masculines et féminines en France et aux Colonies, les traitements, les limites d'âge, les diplômes, les épreuves à subir, les suppléments, les différentes lois concernant les fonctionnaires, à l'adresse suivante :

Nom et prénoms

Rue et n°

Ville et Département

Date de naissance (1)

Diplômes le cas échéant (1)

Durée des services militaires (1)

Durée des services dans une administration de l'Etat (1)

Lieu et date de nomination (1)

Traitement désiré (1)

(Cet envoi sera fait gratuitement et sans engagement pour moi.)

(1) Ces renseignements ont pour but d'obtenir des conseils plus précis.

CHEZ LES ÉDITEURS (1)

Premières leçons de latin, par *M. Lavarenne*, maître de conférences à la Faculté des Lettres de Clermont. Fascicule I : *Leçons et devoirs*; fascicule II : *Corrigé des exercices*. Prix des deux fascicules : France, 31 f 50; étranger, 35 f.

Leçons très développées et fort claires à l'usage de tous les débutants et spécialement des adultes étudiant seuls et des écoliers en vacances.

Leçons particulières de version latine, par *M. Lavarenne*, maître de conférences à la Faculté des Lettres de Clermont-Ferrand. Prix franco (y compris fascicule contenant les textes latins) : France, 30 f; étranger, 33 f.

Recueil d'exercices pratiques à l'usage de tous les candidats et plus spécialement des étudiants travaillant seuls pendant l'année scolaire ou en vacances.

Radiotechnique appliquée à bord des navires et des aéronefs, méthodes de navigation par T. S. F., par *Xavier Reynes*, officier radiotélégraphiste de première classe de la marine marchande. Prix franco : France, 51 f 50; étranger, 54 f 50.

Cet ouvrage laisse de côté toute théorie et traite essentiellement des applications pratiques des ondes hertziennes que doivent connaître les radiotélégraphistes de la marine marchande et de l'aviation. Émetteurs et récepteurs, radiogoniomètres, radiophares, sondeurs ultrasonores sont décrits en détail à l'intention des officiers radio de la marine marchande, des officiers de pont, des candidats au brevet de radiotélégraphiste de bord, au diplôme de radiotélégraphiste

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

de la marine marchande et à la licence de radiotélégraphiste d'aéronef.

Je fais du camping, par *Henry Panneel*. Prix franco : France, 16 f; étranger, 18 f.

Voici un véritable cours élémentaire de camping écrit à l'intention des débutants, mais où le campeur averti trouvera de précieux conseils. De nombreuses illustrations, souvent fort spirituelles, accompagnent le texte rédigé avec humour, ce qui n'exclut pas un souci de vigoureuse documentation. Toute la technique du camping : choix du matériel, tente, popote, équipement, petit matériel, couchage, itinéraires, usage de la boussole, etc., est résumée en une centaine de pages dont la lecture épargnera au novice de nombreux échecs et d'importantes dépenses inutiles.

Je fais du canoë, par *R. Raven-Hart*. Prix franco : France, 16 f; étranger, 18 f.

Le canoë est peut-être le plus sain de tous les sports. M. Raven-Hart a parcouru plus de 30 000 km en canoë sur la plupart des cours d'eau des cinq continents. Il est l'auteur de nombreux ouvrages faisant autorité aux États-Unis et en Grande-Bretagne. À l'intention du public français, c'est un véritable manuel du débutant qu'il a écrit ici, avec beaucoup de clarté et d'esprit. Il expose tous les problèmes que soulèvent l'équipement du canoë, la préparation des croisières et la conduite même de la croisière. En appendice se trouvent décrites les principales rivières navigables d'Europe.

Le moteur électrique vulgarisé, par *René Champly*, mécanicien-électricien. Prix franco : France, 26 f; étranger, 22 f 50.

Choix d'un moteur, théorie élémentaire, fonctionnement, installation, entretien, réparations.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----------|--------|--|-------------------------|---|-----------|--------|
| Envois simplement affranchis..... | { | 1 an..... | 55 fr. | | Envois recommandés | { | 1 an..... | 65 fr. |
| | | 6 mois... | 28 fr. | | | | 6 mois... | 33 fr. |

BELGIQUE

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|------------------------|--|-------------------------|---|------------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { | 1 an... 75f.(français) | | Envois recommandés | { | 1 an... 96f.(français) |
| | | 6 mois. 40f. — | | | | 6 mois. 50f. — |

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie.*

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------|---------|--|-------------------------|---|----------|---------|
| Envois simplement affranchis..... | { | 1 an.... | 100 fr. | | Envois recommandés | { | 1 an.... | 120 fr. |
| | | 6 mois.. | 52 fr. | | | | 6 mois.. | 65 fr. |

Pour les autres pays :

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----------|--------|--|-------------------------|---|----------|---------|
| Envois simplement affranchis..... | { | 1 an..... | 90 fr. | | Envois recommandés | { | 1 an.... | 110 fr. |
| | | 6 mois... | 46 fr. | | | | 6 mois.. | 56 fr. |

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. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Ecole du Génie Civil

152, avenue de Wagram, Paris (17^e)

COURS PAR CORRESPONDANCE

MÉCANIQUE

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

Contremaître : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Constructions mécaniques - Technologie - Dessin

Technicien : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Dessin.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique théorique - Règle à calcul - Mécanique appliquée - Electricité - Statique graphique - Machines et moteurs - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Mécanique rationnelle - Résistance des matériaux - Thermodynamique - Chimie industrielle - Machines motrices - Electricité - Usinage - Machines-outils - Construction d'usines.

CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Technologie - Dessin - Notions d'aviation.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Technologie - Dessin - Aviation.

Technicien : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie pratique - Physique - Chimie - Mécanique - Résistance des matériaux - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Aviation (moteur et avion) - Croquis coté et dessin.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Statique graphique - Mécanique appliquée - Outillage - Electricité - Construction d'avions - Aérodynamique - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Chimie industrielle - Mécanique - Thermodynamique - Résistance des matériaux - Electricité - Construction d'avions.

ÉLECTRICITÉ

Monteur : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Eclairage électrique.

Conducteur : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Physique - Mécanique - Chimie - Règle à calcul - Technologie - Moteurs industriels - Electricité industrielle - Dessin électrique.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Règle à calcul - Mécanique - Résistance des matériaux - Electricité - Mesures - Eclairage - Bobinage.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique - Applications mécaniques - Hydraulique - Electrotechnique - Essais - Calculs - Mesures - Production et distribution - Appareillage électrique - Electrochimie.

Section spéciale de Radiotechnique

CHIMIE

Aide chimiste : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie.

Préparateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Chimie - Manipulations chimiques.

Chef de Laboratoire : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale - Electricité - Métallurgie - Analyse chimique.

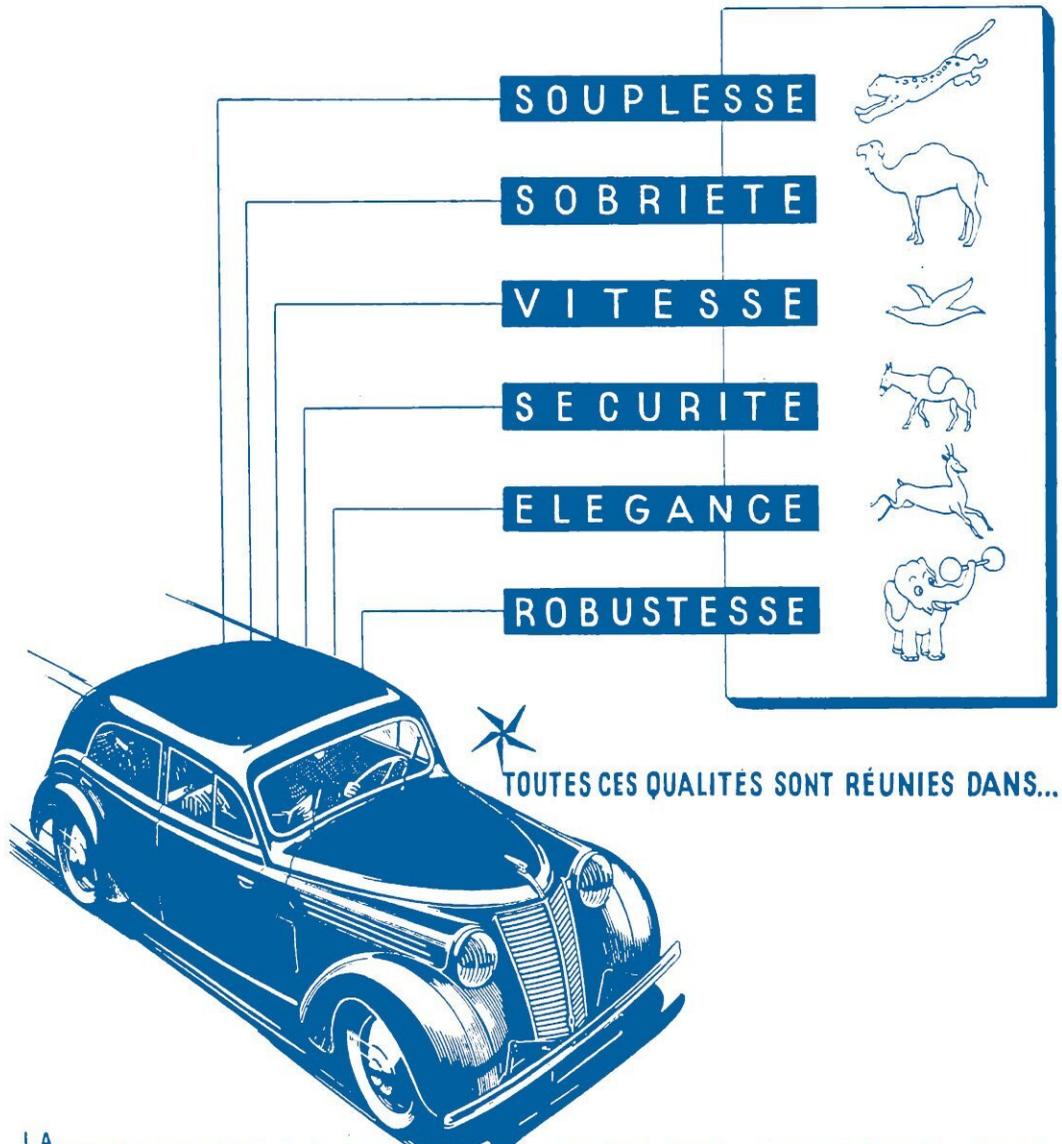
Ingénieur : Mathématiques supérieures - Electricité - Chimie - Physique - Electrometallurgie - Chimie industrielle - Chimie du bâtiment - Chimie agricole - Chimie des parfums - Analyse qualitative et quantitative.

Section des Sciences mathématiques et appliquées

Etude et développement par correspondance des Sciences Mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés

Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie - Mécanique - Cosmographie - Géométrie descriptive - Mathématiques générales - Calcul différentiel - Calcul intégral - Géométrie analytique - Physique - Chimie - Electricité - Résistance des matériaux

PROGRAMME GRATUIT SUR DEMANDE. Joindre un timbre pour la réponse



TOUTES CES QUALITES SONT REUNIES DANS...

LA

JUVAQUATRE

RENAULT

*4 places - 6 CV
7 litres aux 100...
100 à l'heure!*

LA VOITURE RAPIDE DES GENS ECONOMES...
CARROSSERIES
Conduite intérieure 2 portes et 4 portes
Décapotable "Tous Temps"

Vente à crédit grâce à l'intervention de la D.I.A.C. 47 bis, av. Hoche, Paris