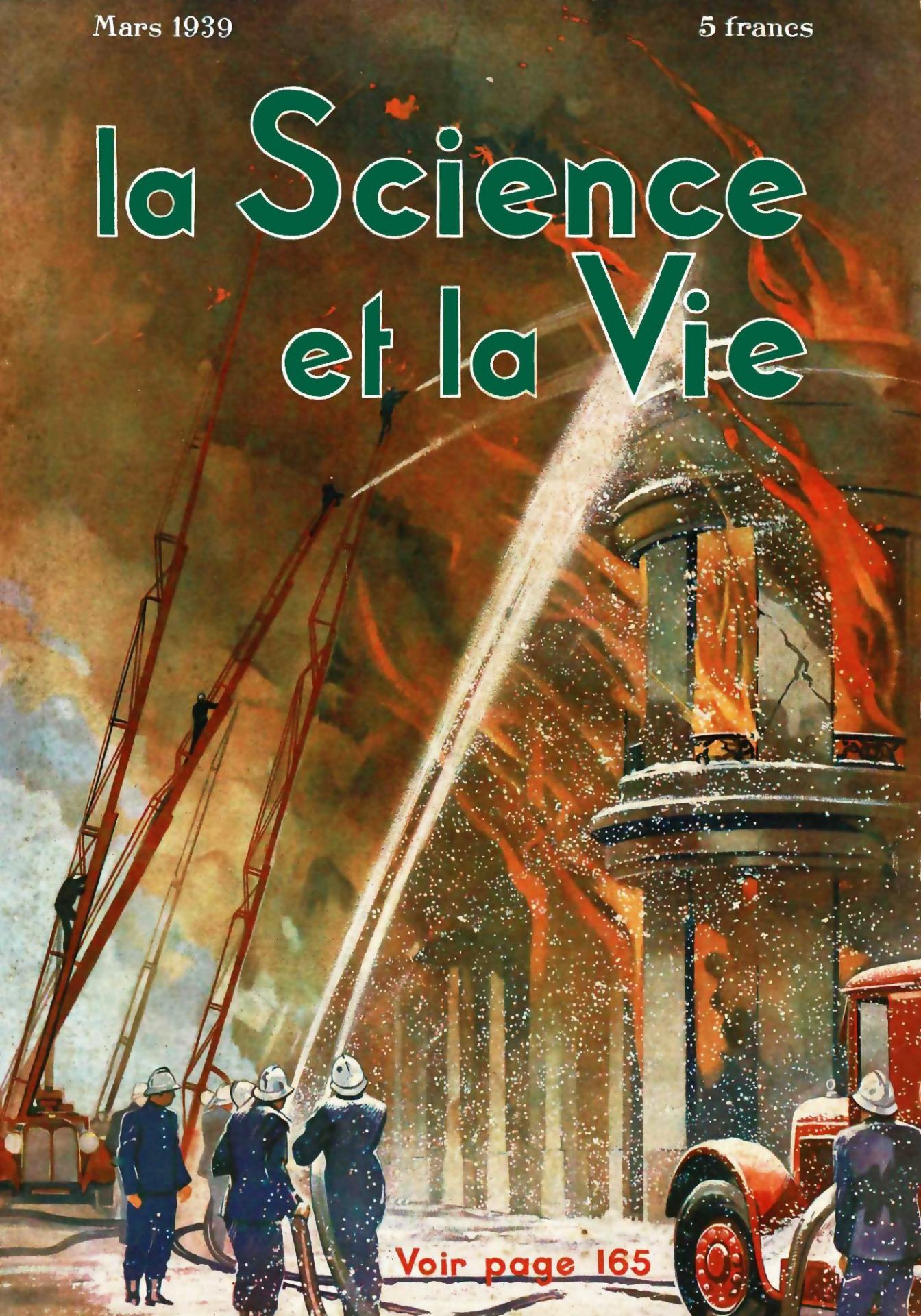


# la Science et la Vie



Voir page 165





*A vous les joyeuses escapades, les folles  
parties champêtres, les randonnées merveilleuses  
des jours de*

**WEEK-END**

*si vous prenez à temps le bon billet de la*  
**LOTERIE NATIONALE**



**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<sup>e</sup>)**

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, Electiciens 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<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> et 1<sup>re</sup> classe ; au Brevet d'Officier Radio de la Marine Marchande.

**AVIATION MILITAIRE**

Aux Bourses de pilotage de l'aviation populaire ; à l'Ecole des Sous-Officiers Pilotes d'Istres ; à l'Ecole des Mécaniciens de Rochefort ; à l'Ecole Militaire de l'Armée de l'Air ; à l'Ecole des Officiers Mécaniciens 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**

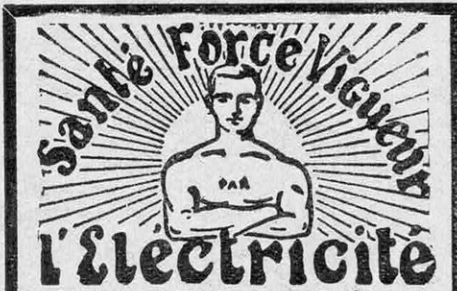
Aux Brevets Elémentaire et Supérieur de Navigateur aérien ; aux emplois administratifs d'Agent technique et d'Ingénieur adjoint de l'aéronautique.

CURL. G. BLOCH

WENCHOW

MÊME ÉCOLE 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, Varicocele, 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.

# 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<sup>e</sup>) - PRO: 8766 98-77

## ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...

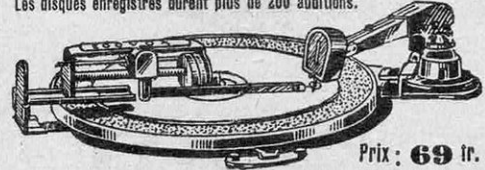
les émissions que vous transmettent  
des mondes lointains vos postes favo-  
ris, en adaptant sur votre pick-up...

# EGOVOX

L'ENREGISTREUR  
DU SON

LA SIMPLICITÉ MÊME caractérise le fonc-  
tionnement de l'Egovoxx, ce qui n'est pas une  
des moindres raisons de son succès mondial.

Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix : 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

**Société REMO-EGOVOX**  
1, rue Lincoln, Paris-8<sup>e</sup>

PUBL. C. BLOCH

## DEVENEZ RAPIDEMENT SPÉCIALISTE EN T. S. F.

Construction, Montage, Dépannage tous  
appareils, Cours (théorie et pratique)  
oraux et par correspondance.

**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

Première leçon gratuite à qui se recomman-  
dera de La Science et la Vie.

**COURS NADAUD, 1, place Jussieu, Paris (Ve)**



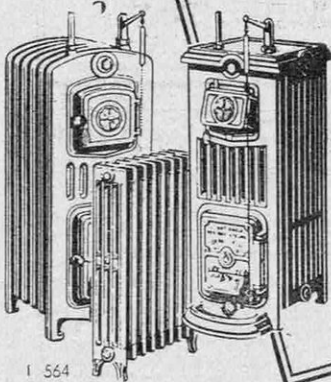
Le chauffage central  
n'est pas un luxe, mais  
une **ÉCONOMIE**  
lorsqu'il s'agit du...

CHAUFFAGE CENTRAL

“**IDEAL CLASSIC**”

qui donne à toutes les pièces  
de votre demeure une tempéra-  
ture égale et constante pour moins  
de 7 centimes par heure et par radiateur

**COMPAGNIE NATIONALE DES RADIATEURS**  
149, Boulevard Haussmann, PARIS (8<sup>e</sup>)



I 564

Veillez m'adresser **gratuitement** votre  
brochure illustrée A F

NOM .....

RUE .....

VILLE .....



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<sup>e</sup>)

H. BL. C. BLOCH

Depuis

**25 ans**

... les clichés de  
"LA SCIENCE  
ET LA VIE"  
sont exécutés dans  
les ateliers de  
Photogravure des  
Établissements...

**LAUREYS F<sup>ros</sup>**

**17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10<sup>e</sup>**

TÉLÉPH. 1  
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE  
OFFSET - TYPONS  
CLICHERIE  
GALVANOPLASTIE**

**"DESSINEZ"**

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT  
même sans savoir dessiner, grâce au

**Dessineur** (Chambre Claire simplifiée) : **145 frs**

Port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.

OU A LA

**Chambre Claire Universelle**

(2 modèles de précision) : **275 ou 420 francs**

Port : France, 8 fr. — Etranger, 25 fr.

Envoi gratuit du catalogue n° 12 et  
des nombreuses références officielles.

AGRANDISSEMENT D'UNE PHOTO

D'un seul coup  
d'œil,  
sans connaissance  
du dessin, ces ap-  
pareils permettent  
d'**AGRANDIR,**  
**RÉDUIRE,**  
**COPIER,**  
d'après nature  
et d'après  
**documents :**  
Photos, Paysages,  
Plans, Dessins,  
Portraits, Objets  
quelconques, etc.

**P. BERVILLE**  
18, rue La Fayette  
**PARIS-IX<sup>e</sup>**  
Chèque postal  
1.271-92







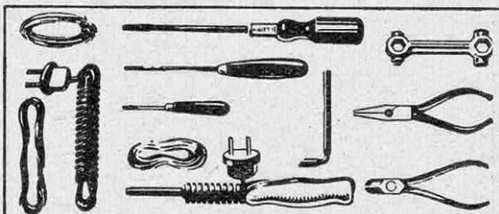
# VOUS AUSSI POUVEZ GAGNER D'AVANTAGE

comme **EXPERT** en **T.S.F**

Vous avez la possibilité d'assurer rapidement votre indépendance économique, comme tous ceux qui suivent notre fameuse méthode d'enseignement.

Vous pouvez même gagner beaucoup d'argent dès le début de vos études. Etudiez chez vous cette méthode facile et attrayante.

**Aucune connaissance spéciale n'est demandée.**



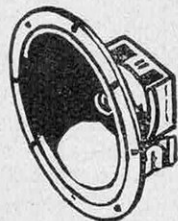
Pour la pratique vous recevrez

## GRATUITEMENT...

...ce récepteur ultra-moderne superhétérodyne, 6 lampes, œil magique, etc... ainsi que l'outillage complet.

**Bénéficiez de ces avantages uniques et de cette offre sans précédent.**

La France offre en ce moment un vaste champ d'action pour les Radio-techniciens dans la T. S. F., cinémas, télévision, amplification, etc... Sans abandonner vos occupations ni votre domicile et en consacrant seulement une heure de vos loisirs par jour, vous pouvez vous créer une situation enviable et très rémunératrice!...



**Envoyez-nous immédiatement ce coupon :**

**ECOLE MODERNE DE T. S. F.  
3, Rue Laffitte, Cl. 115, Paris-9°**

Veillez m'envoyer **gratuitement** votre livre, avec les indications :  
" Comment gagner de l'argent dans la T. S. F. "

Nom..... Prénoms.....

Rue..... N°.....

Ville..... Département.....

# 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 FÉPENSES**, 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'École 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'École Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre 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° 41.802**, 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° 41.807**, 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° 41.811**, 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° 41.815**, 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° 41.822**, 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° 41.827**, 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° 41.831**, 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° 41.838**, 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° 41.840**, 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° 41.847**, 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° 41.853**, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.857**, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.861**, 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'Écriture, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

**BROCHURE N° 41.868**, 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° 41.870**, 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° 41.877**, 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° 41.881**, 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° 41.885**, concernant l'Art d'écrire (Rédaction littéraire, Versification) et l'Art de parler en public (Eloquence usuelle, Diction).

**BROCHURE N° 41.889**, concernant l'enseignement pour les enfants débiles ou retardés.

**BROCHURE N° 41.892**, concernant les carrières féminines dans tous les ordres d'activité.

**BROCHURE N° 41.899**, 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<sup>e</sup>)

# VOUS VERREZ AUSSI BIEN

avec les verres scientifiques à double vue

**DIACHROM DISCOPAL DIKENTRAL**

montés sur une

*lunette HORIZON Brev. S.G.D.G.*

la lunette moderne, esthétique, élégante  
à champ de vision complet

HAVAS

En vente chez les opticiens-spécialités (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.

*de loin  
de près*



Photo  
Draeger

*Partout où passe  
le courant lumière*

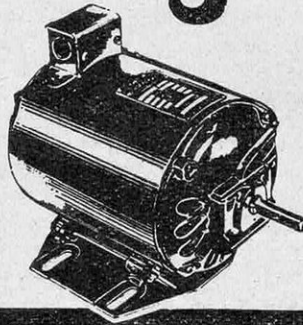
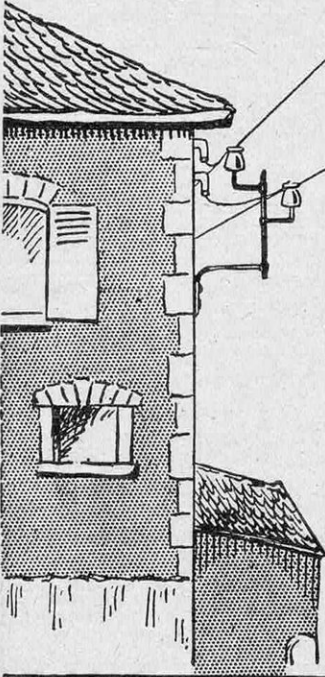
...ET SANS INSTALLER  
LA FORCE!..

*vous pouvez brancher un*

# Ragonot- Delco

ETS RAGONOT

15 Rue de Milan - PARIS-IX<sup>e</sup>  
Téléphone: Trinité 17-60 et 61



Pub. R. & L. Dupuy

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS  
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

# MALLIÉ

**DEVENEZ RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...**

En suivant les Cours par correspondance de  
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**  
51, boulevard Magenta, PARIS-X<sup>e</sup>

Les Cours donnés par des  
Ingénieurs spécialistes peu-  
vent être suivis par tout le  
monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage  
et alignement de tout poste

Cours complet : 250 francs  
**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

LA SEULE ÉCOLE OÙ L'ON FAIT DE LA PRATIQUE. — Demandez la première leçon gratuite



**NOUVEAUTÉ !**

**LE DESSIGRAPHE**

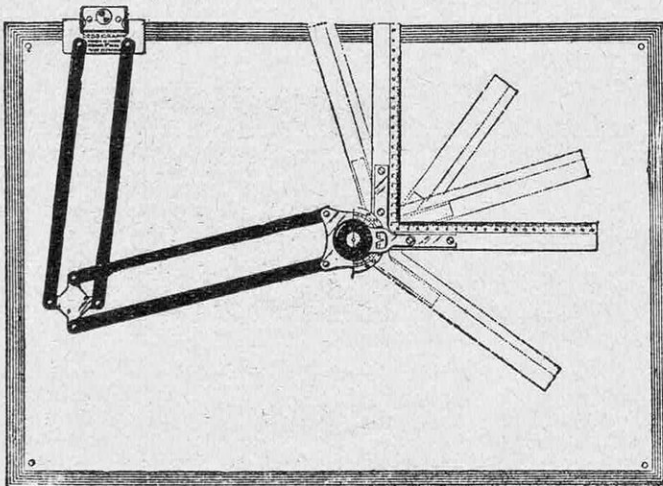
Breveté S. G. D. G. — Marque et modèle déposés. — Fabrication française

**DESSINERA RAPIDEMENT VOTRE PENSÉE TECHNIQUE !...**

**Simple - Rapide - Pratique - Précis - Robuste - Inoxydable - Bon marché**

**CET APPAREIL D'ÉTUDES SUPPRIME L'EMPLOI DU TÉ, DES ÉQUERRES ET DES RÈGLES AUX**

↓ Système de fixation mobile pour toutes planches



**DESSINATEURS  
ARCHITECTES  
INGÉNIEURS  
ÉTUDIANTS, etc.**

Catalogue 12 bis franco sur demande

**Prix : 95 francs**

Pour planche maximum 75x60

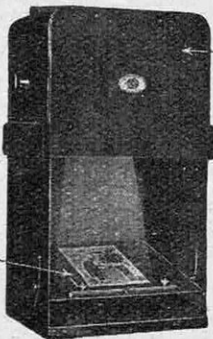
Emballage et port :

FRANCE, 10 fr. - ÉTRANGER, 20 fr.

CHÈQUES POSTAUX 2035.52

Les commandes non accompagnées de leur montant sont majorées de 10 francs pour frais de contre remboursement.

**P. BERVILLE**  
18, rue La Fayette, PARIS-IX<sup>e</sup>



Boîte à Lumière contenant le Brûleur d'Ultra-violet

Support inclinable du Document à contrôler

*Une nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood*

La nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood, figurée ci-dessus, a été plus spécialement étudiée pour l'analyse et l'examen par fluorescence des Matières premières, Documents et Échantillons de toutes sortes. De forme et de dimensions appropriées à cet usage, elle est munie d'une Plaque mobile inclinable destinée à supporter les objets à examiner et d'une Boîte à Lumière absolument étanche. Grâce à l'amovibilité de son Filtre et à la puissance de son Brûleur à Vapeur de Mercure elle peut être utilisée dans toutes les applications de la Lumière Ultra-Violette.

Pour tout ce qui concerne l'Ultra-Violet ; demander renseignements, catalogues et devis à

**LA VERRERIE SCIENTIFIQUE**  
12, AV. DU MAINE. PARIS. XV<sup>e</sup> T. Litré 90-13

**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<sup>e</sup>) Téléphone : Wagram 42-29

Étude 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.**  
Études sur plans. — Installations d'eau  
**POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE**

# N'avez-vous jamais pensé à



# faire de la reliure chez vous

De nombreux lecteurs de cette revue ont appris eux-mêmes à relier leurs livres.

Apprendre la reliure chez soi est chose facile avec notre cours par correspondance et notre outillage spécial. Cet art ne demande qu'un peu de soin et une habileté manuelle moyenne.

Quel plaisir de savoir habiller soi-même les livres de sa bibliothèque ! C'est le dérivatif et le passe-temps préférés de l'intellectuel.

Certains de nos adhérents se font de jolis revenus et relient ainsi pour leurs amis et leurs relations. C'est un des rares métiers d'art qui soient rémunérateurs pour ceux qui veulent du travail à faire chez soi.

Demandez notre belle brochure gratuite illustrée en couleurs : « La Reliure d'Amateur », que nous vous adresserons gratuitement. Faites-le en copiant le bon ci-dessous.

### ● BEL ALBUM GRATUIT ●

Voulez-vous avoir tous les renseignements sur l'Art de la Reliure ? Demandez sans tarder notre album : **La Reliure d'Amateur**. Joindre 1 fr. 80 en timbres pour frais de poste.

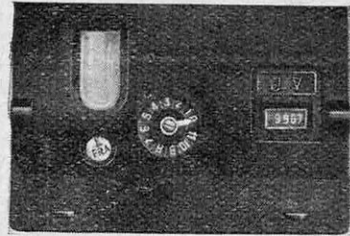
**INSTITUT ARTISANAL  
DE RELIURE**

5 bis, Clé Mal. sherbes  
PARIS

**BON GRATUIT à découper ou à copier**  
 Veuillez adresser votre brochure : Reliure d'Amateur, (C'est gratuit) à l'Institut Artisanal de Reliure, 5 bis, Clé Mal. sherbes, Paris.  
 Nom et Prénom .....  
 Adresse .....

PUBL. C. BLOCH

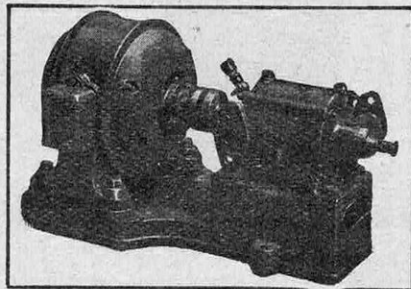
Rien n'est plus facile que de vendre des **POSTES** de T. S. F. quand ils sont équipés d'un **Compteur J. V.** (Breveté dans tous les principaux pays.)



Tous renseignements :  
**RADIO FRANC**  
49, av. de Neuilly, NEUILLY (Seine)

## POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

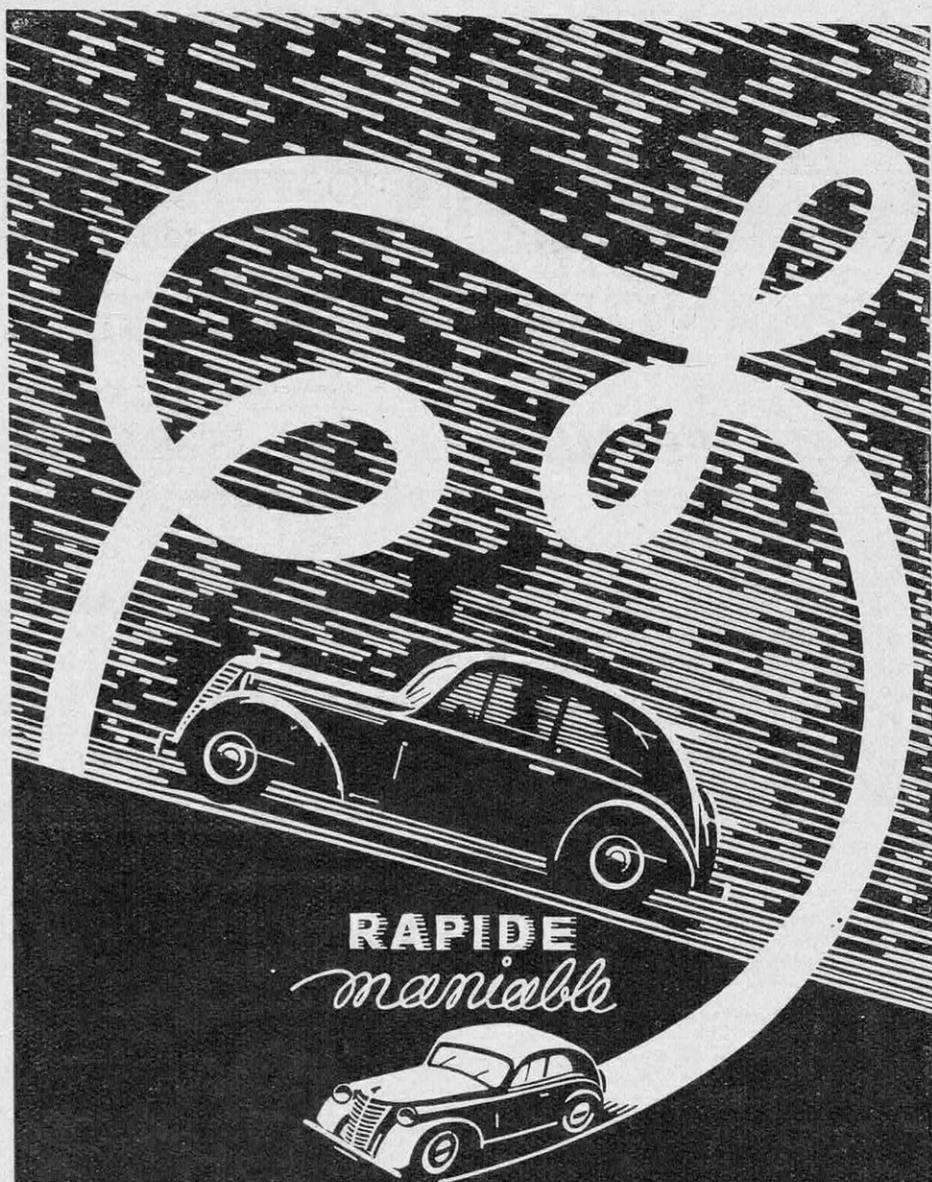


**ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES**  
pour villas, fermes, arrosage, incendies  
FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression  
par les groupes  
**DAUBRON**

**POMPES INDUSTRIELLES**  
tous débits, toutes pressions, tous usages





**RAPIDE**  
*maniable*

**LA**  
**JUVAQUATRE RENAULT**

**7** litres aux 100 - **4** vastes places

**Assurance 6 cv - 100** à l'heure

L'accès aux places arrière de la Juvaquatre est plus facile  
que dans aucune autre voiture de même catégorie,  
grâce au siège rabattable qui se replie sur lui-même.



# DEMANDE DE CONSEIL

à envoyer à

**L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION**  
**28, boulevard des Invalides, Paris (7<sup>e</sup>)**

---

En me recommandant de « La Science et la Vie », j'ai l'honneur de vous demander vers quelle carrière il faut que je me dirige pour avoir le maximum de réussite dans les délais les plus courts ; voici, pour vous guider, les renseignements me concernant :

*Nom et prénoms* .....

*Adresse très lisible* .....

*Date de naissance* .....

*Diplômes obtenus* .....

*Durée des services militaires* .....

*Durée des services dans une administration de l'Etat* .....

*Résidence désirée* .....

*Fonction active ou sédentaire* .....

**Faut-il vous abonner au « Journal des Fonctionnaires » — trente francs les trente numéros — qui annonce deux fois par mois les concours officiels ?** .....

(Actuellement 680 places sont vacantes)

**A tous les nouveaux abonnés, il sera offert un cours de Composition française traitant du style administratif indispensable à connaître pour concourir.**





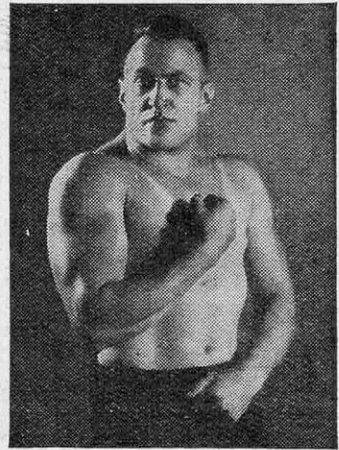
# DES MUSCLES EN TRENTE JOURS

## NOUS LE GARANTISSONS

C'est avec juste raison qu'on nous appelle les « Constructeurs de muscles ». En trente jours nous pouvons transformer votre corps d'une manière que vous n'auriez jamais crue possible. Quelques minutes d'exercice chaque matin suffisent pour augmenter de 4 centimètres les muscles de vos bras et de 12 centimètres ceux de votre tour de poitrine. Votre cou se fortifiera, vos épaules s'élargiront. Avant même que vous vous en aperceviez, les gens se retourneront sur votre passage. Vos amis se demanderont ce qui vous est arrivé. Peu importe que vous ayez toujours été faible ou mince : nous ferons de vous un homme fort, et nous savons que nous pouvons le faire. Nous pouvons non seulement développer vos muscles, mais encore élargir votre poitrine et accroître la capacité de vos poumons. A chaque respiration, vous remplirez entièrement vos poumons d'oxygène, et votre vitalité ne sera pas comparable à ce qu'elle était auparavant.

## ET EN CENT CINQUANTE JOURS

Il faut compter cent cinquante jours pour mener à bien et parfaire ce travail ; mais, dès le trentième jour, les progrès sont énormes. Au bout de ce temps, nous vous demanderons simplement de vous regarder dans une glace. Vous verrez alors un tout autre homme. Nous ne formons pas un homme à moitié. Vous verrez vos muscles se gonfler sur vos bras, vos jambes, votre poitrine et votre dos. Vous serez fier de vos larges épaules, de votre poitrine arrondie, du superbe développement de la tête aux pieds.



## NOUS AGISSONS ÉGALEMENT SUR VOS ORGANES INTÉRIEURS

Nous vous ferons heureux de vivre : vous serez mieux et vous vous sentirez mieux que jamais vous ne l'avez été auparavant. Nous ne nous contentons pas seulement de donner à vos muscles une apparence qui attire l'attention ; ce serait du travail à moitié fait. Pendant que nous développons extérieurement vos muscles, nous travaillons aussi ceux qui commandent et contrôlent les organes intérieurs. Nous les reconstituons et nous les vivifions, nous les fortifions et nous les exerçons. Nous vous donnerons une joie merveilleuse : celle de vous sentir pleinement en vie. Une vie nouvelle se développera dans chacune des cellules, dans chacun des organes de votre corps, et ce résultat sera très vite atteint. Nous ne donnons pas seulement à vos muscles, dont la prééminence vous émerveille, la fermeté, mais nous vous donnons encore l'ÉNERGIE, la VIGUEUR, la SANTÉ. Rappelez-vous que nous ne nous contentons pas de promettre : nous garantissons ce que nous avançons : FAITES-VOUS ADRESSER par le DYNAM INSTITUT le livre GRATUIT : « Comment former ses muscles » (L'Éducation Physique de la Nation française). Retournez-nous le coupon ci-joint dès aujourd'hui. Ce livre vous fera comprendre l'étonnante possibilité du développement musculaire que vous pouvez obtenir. Vous verrez que la faiblesse actuelle de votre corps est sans importance, puisque vous pouvez rapidement développer votre force musculaire avec certitude.

Ce livre est à vous ; il suffit de le demander. Il est gratuit, mais nous vous prions de bien vouloir joindre 2 francs en timbres-poste pour frais d'envoi. Une demande de renseignements ne vous engage à rien. Postez le bon dès maintenant pour ne pas l'oublier.



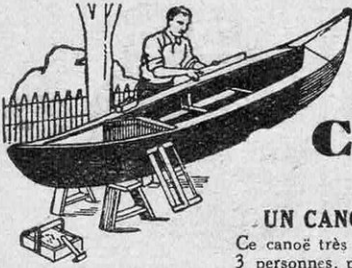
BON GRATUIT A DÉCOUPER OU A RECOPIER

**DYNAM INSTITUT (Stand A 66), 25, rue d'Astorg, PARIS (8<sup>e</sup>)**

*Veillez m'adresser gratuitement et sans engagement de ma part, votre livre intitulé : Comment former ses muscles (l'Éducation physique de la Nation française), ainsi que tous les détails concernant votre garantie. Ci-inclus 2 francs en timbres-poste pour frais d'envoi.*

NOM .....

ADRESSE .....



**UN KAYAK ENTOILÉ**

L'Esquimo a été conçu spécialement pour être monté par l'amateur. Construisez vous-même ce modèle léger, rapide, d'une belle ligne, qui revient au tiers du même tout monté. Dossier de construction contre 30 francs.

Tous ces modèles peuvent être fournis en pièces détachées prêtes à être assemblées, aux acheteurs de plan. N'envoyez pas d'argent. Paiement à réception.

**SPORTLEY'S**  
5 bis, Cité Malesherbes  
**PARIS**  
MÉTRO : PIGALLE

**CONSTRUISEZ vous-même votre CANOË**

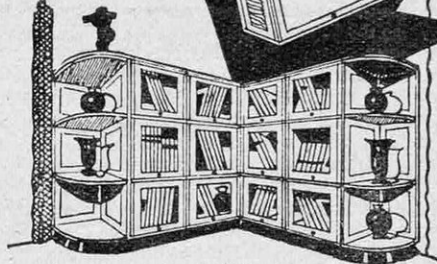
**UN CANOË A FOND PLAT**  
Ce canoë très stable, pouvant porter 3 personnes, peut être construit par n'importe qui. Plans très clairs, très précis. Toutes indications dans dossier de construction contre 30 francs.

**UN PETIT VOILIER**  
Et voici un véritable voilier, pour la plage et la rivière, rapide, léger, et remontant bien dans le vent (2 m. 90 sur 1 m. 20). Dossier de construction contre 90 francs. (Notice gratuite concernant ce modèle).



**BIBLIOTHEQUES EXTENSIBLES et TRANSFORMABLES**

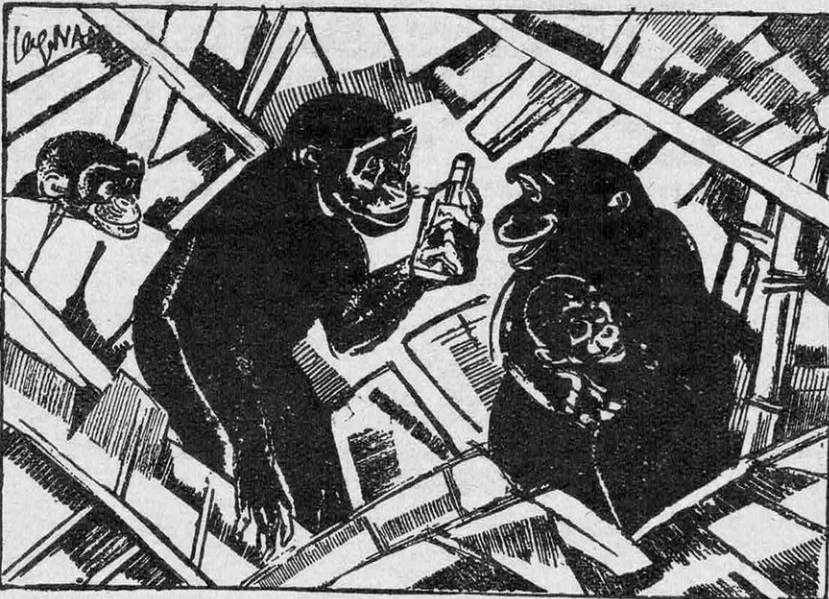
demandez le catalogue n° 71 envoyé gratuitement



**M.D.**

9 rue de Villersexel (PARIS - 75) LITT. 11-28

**DANS LA JUNGLE**



- Un homme est passé par ici...  
- Et un homme de goût... c'est du DENTOL !

**DENTOL**

**DENTIFRICE ANTISEPTIQUE**

**EAU - PATE Poudre - SAVON**

**Maison FRÈRE 19, r. Jacob, Paris**

Echantillon gratuit sur demande en se recommandant de LA SCIENCE ET LA VIE.



LE PLUS MODERNE  
DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

# EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

## ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES..	{ Trois mois ..	40 fr.
	{ Six mois ..	77 fr.
	{ Un an ..	150 fr.
BELGIQUE..	{ Trois mois ..	75 fr.
	{ Six mois ..	140 fr.
	{ Un an ..	220 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit) ..	{ Trois mois ..	80 fr.
	{ Six mois ..	155 fr.
	{ Un an ..	300 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté)..	{ Trois mois ..	120 fr.
	{ Six mois ..	235 fr.
	{ Un an ..	460 fr.

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné. — Les abonnements partent du 1<sup>er</sup> et au 15 de chaque moi. — L'envoi par chèque postal (compte n° 5.970) coûte 1 franc.

DE L'AIR PUR  
CHEZ SOI  
COMME A LA  
MONTAGNE...

... voilà le  
dernier cri  
du confort.



Ce luxe inouï est désormais à portée de chacun grâce à

# OZONAIR

GÉNÉRATEUR ÉLECTRIQUE D'OZONE ET D'OXYGÈNE NAISSANT

Véritable source de santé,

# OZONAIR

DÉTRUIT LES MIASMES ET VITALISE L'AIR

Élément de confort inestimable,  
il neutralise odeurs de cuisine et de tabac

NOTICE FRANCO — ESSAI GRATUIT

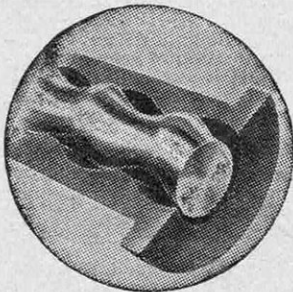
OZONAIR, 61, rue de Lancry, Paris (10<sup>e</sup>)

Téléphone : BOTZARIS 24-10

OU A NOTRE EXPOSITION

94, boul. de Courcelles, Paris (17<sup>e</sup>)

PUBL. C. BLOCH

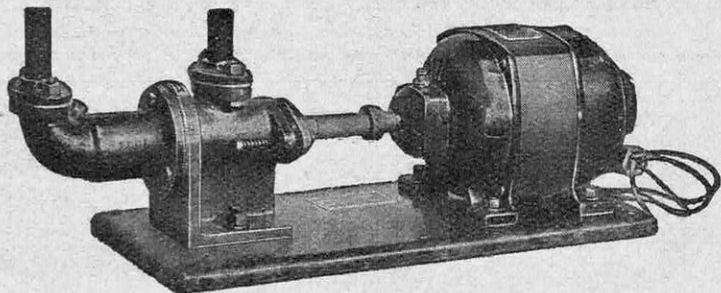


# POMPES EN CAOUTCHOUC

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

## AVANTAGES

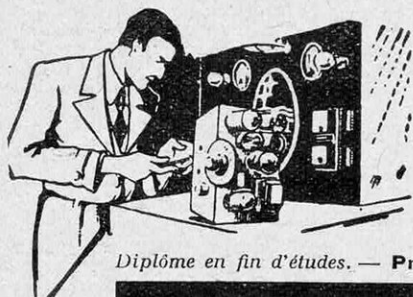
- TOUS FLUIDES LIQUIDES OU GAZEUX
- EAU — VIN — PURIN
- MAZOUT — ESSENCE
- LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
- LIQUIDES ALIMENTAIRES
- CRAIGNANT L'ÉMULSION
- SILENCIEUSES
- AUTO-AMORÇAGE
- SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE
- USURE NULLE - ÉCONOMIE
- TOUTS DÉBITS —
- TOUTES PRESSIONS —
- FACILITÉ D'ENTRETIEN



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

SOCIÉTÉ  
**POMPES . COMPRESSEURS . MÉCANIQUE**  
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL MICHELET 3746

ARMÉE - MARINE - AVIATION - COLONIES - ADMINISTRATION - MINISTÈRES - INDUSTRIE - COMMERCE



Diplôme en fin d'études. — Première leçon gratuite aux lecteurs de « La Science et la Vie ».

La T. S. F. permet de satisfaire tous les goûts et ouvre partout des carrières nombreuses et rémunératrices aux **TECHNICIENS DIPLOMÉS**

**DEVENEZ-LE** en quelques mois d'études agréables et faciles, sur place ou par correspondance, grâce aux **COURS PROFESSIONNELS DE T. S. F. ET RADIO**  
**62, boulevard Sébastopol, Paris (3<sup>e</sup>)**

BROCHURE GÉNÉRALE GRATUITE — PRÉPARATION MILITAIRE RADIO  
Cours complet de construction, montage, réglage et dépannage : 250 fr.

## UNIQUE EN FRANCE !!!

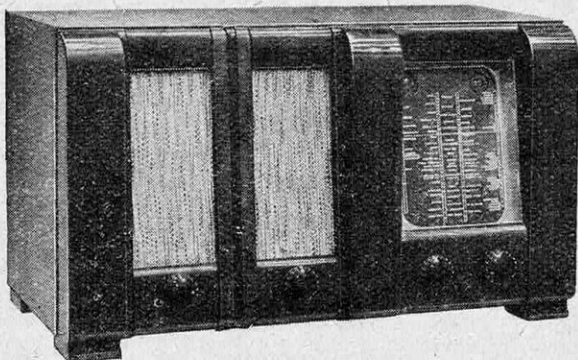
L'application nouvelle de notre **GARANTIE STANDARD DE 3 ANS**  
SERVICE D'ENTRETIEN et 3 vérifications gratuites par AN • ÉCHANGE INSTANTANÉ de tous châssis ou postes, quelle que soit la cause de l'arrêt

Notre dernière création 1939

# L'ULTRAMERIC VIII

TOUTES ONDES  
Haute fidélité musicale

Récepteur ultra-moderne à 8 lampes dont 2 multiples équivalentes au rendement d'un poste 10 lampes



Nouvelles lampes européennes à faisceaux électroniques. Haute fidélité musicale par double contre-réaction et dynamique de 25 cm. exponentiel. TOUTES ONDES 17-2.000 mètres. Sélectivité 8 Kc. Etage haute fréquence sur toutes les gammes. Contrôle de tonalité spécial. Réglage visuel par trèfle cathodique. Antifading retardé 100 %. Bobinages à noyaux de fer. Cadran à double démultiplication et grande visibilité avec signalisation automatique. Prise pick-up. Prise deuxième diffuseur. Secteur alternatif 110, 130, 220, 240 volts.

PLUS DE 130 STATIONS  
Moscou, Amérique, etc. sur O. C.

PRIX de réclame net **1.395. »**  
Poste complet .. ..

Demandez la DOCUMENTATION ILLUSTRÉE très détaillée, av. schéma et conditions de remise aux lecteurs (Référence 901)

**RADIO-SÉBASTOPOL, 100, boul. de Sébastopol, PARIS** Téléphone : TURBIGO 98-70

Fournisseur des grandes Administrations — Chemins de fer — Anciens combattants — Mutilés de guerre, etc.

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. C. BLOCH

**POUR LE CAMPING**  
UN VÉHICULE IDÉAL  
**LE VÉLOCAR**

VOUS PERMETTRA  
d'EMMENER vos ENFANTS  
ET LE MATÉRIEL  
DE CAMPEMENT

DEMANDEZ NOTICE  
ILLUSTRÉE AUX  
ÉTS VÉLOCAR  
68 Rue Roque-  
de-Fillol  
PUTEAUX (SEINE)

**INVENTEURS**

POUR VOS **BREVETS** L. DENES  
INGÉNIEUR-CONSEIL  
35, Rue de la Lune, PARIS 2<sup>e</sup>

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S"

**LA SCIENCE ET LA VIE**  
est le seul Magazine de Vulgarisation  
Scientifique et Industrielle



Vient de paraître :

NOUVELLE

# ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ

DEUX FORTS VOLUMES

Format 21x29, rellés dos cuir, plat toile, 1.400 pages de texte. Gravures, dessins, schémas.

Publiée sous la direction de M. DESARCES, Ingénieur E. C. P., avec la collaboration d'Ing. électriciens des Arts et Métiers de l'Ecole Sup. d'Electricité et de l'Inst. électrotechn. de Grenoble.

SEPT MODÈLES DÉMONTABLES  
diversement coloriés de MACHINES  
et INSTRUMENTS ÉLECTRIQUES.

LA NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ est enfin TERMINÉE. Elle était depuis longtemps attendue par tous les ouvriers, les spécialistes, les contremaîtres, les chefs de chantiers, les ingénieurs, etc., et tous ceux également qui, de près ou de loin, ont fréquemment à rechercher des solutions pratiques de montage, de construction, d'installation, de mise au point ou de réparations quelconques de machines ou d'appareils électriques.

Ils trouveront dans cet ouvrage si complet tous les renseignements utiles qu'ils chercheraient en vain dans de nombreuses publications séparées.

Les auteurs se sont surtout appliqués à réunir

## LA THÉORIE A LA PRATIQUE

L'homme de métier trouvera dans ce nouvel ouvrage des données techniques ou théoriques que le temps lui a fait oublier ou que sa spécialisation ne lui a permis que d'effleurer au cours de ses études, et le lecteur non spécialisé, désire

## D'APPRENDRE ET DE COMPRENDRE

trouvera ample matière à enseignement ; il poursuivra sans fatigue et avec un intérêt de plus en plus croissant l'étude si attachante des phénomènes électriques et leurs féériques applications.



## TABLE DES MATIÈRES

### TOME I

Phénomènes électriques. Phénomènes magnétiques. — Courants alternatifs : Simples, Monophasés, Polyphasés. — Effets Physiologiques des courants industriels. Courant à haute fréquence. — Générateurs et Moteurs Electrostatiques. — L'Electron. Symbole concernant l'Electrotechnique. — **Dynamos à courant continu.** Fonctionnement d'une Dynamo. Construction des Dynamos. Tableaux d'installation. Essai des Dynamos. Déroulement des Dynamos en fonctionnement. — **Alternateurs.** Fonctionnement. Construction. Tableaux d'installation. Essai des Alternateurs. — **MOTEURS A COURANT CONTINU.** — Propriétés générales. — Fonctionnement. Installation et Régulation. Essai. Cause des dérangements. — **Moteurs à courant alternatif.** — Moteurs Synchrones. Monophasés et Polyphasés. Moteurs asynchrones. Polyphasés et Monophasés à collecteurs. — **Accumulateurs** au plomb et alcalins. — **Transformateurs** statiques. Théorie et fonctionnement. Construction, emploi. Essais de réception. — **Moteurs générateurs.** Groupes et commutatrices. Génératrices asynchrones. — **Machines spéciales** pour l'amélioration du facteur de puissance. Moteurs synchrones surexcités. Moteurs d'instruction avec collecteurs en cascades. Moteurs asynchrones synchronisés. Moteurs spéciaux à courant alternatif. — **Condensateurs** statiques. — **Redresseurs** à vapeur de mercure. Redresseur Tungsar. Redresseur à oxyde de cuivre. Redresseur électrolytique. Redresseurs à vibreurs. — **Mesures** électriques des courants, des résistances, de capacité et de coefficient de self induction, de puissance. Transformateurs de mesures. Etudes des courbes et des courants alternatifs. Instruments à lecture directe. — **Compteurs** pour courants continu, alternatif. Etalonnage. Tarification de l'énergie électrique. — Système de Télécommande.

— **Transmission de l'énergie.** — Distributions. Canalisations. Type de câbles et fabrication. Essais. Pose. Recherches des câbles posés. Lignes aériennes. Eléments constitutifs. Construction et exploitation des lignes. Interconnexion des centres de production. — **Usines centrales.** Usines hydrauliques. Les mesures en hydraulique. — **Appareils de protection.** Disjoncteurs haute tension. Projection sélective.

### TOME II

**Installations** électriques dans immeubles et dépendances. — Règlements. Calcul des canalisations. Appareillage. Outillage et tours de main. Divers schémas. — **Eclairage.** Etude de la lumière. Photométrie. Principes généraux. Eclairage des voies publiques. Lampes à incandescence et à arc. Application de l'Eclairage aux Locaux, Théâtres, Bibliothèques, etc. — **Tractions** électriques diverses. Transmission de l'énergie aux Motrices et Equipement. Freinage et Récupération. Tractions spéciales par accus. — **Télégraphie** électrique. Appareils divers. Transmissions automatiques multiples, successives. Téléimprimeur. — **Téléphonie.** Récepteurs et Transmetteurs. Lignes. L'Automatique. Divers systèmes. — **Radiotélégraphie.** Ondes. Circuits oscillants et couplés. Lampes à électrodes. Emission. Réception. Ondes courtes. Applications de la radioélectricité. — **Electrochimie** et **Métallurgie.** Fours électriques. Soudure. — **Electricité médicale.** Radiologie. Accidents et traitements. — **Signalisation** électrique. Cellules photoélectriques. Applications. — **Appareils domestiques.** Chauffage. Cuisine électrique. Production du froid. — **Horlogerie** électrique. — **Ascenseurs** Monte-charge. — **Distribution** de l'énergie. Appareil. Installation. Réseaux. Electrification rurale.

## BULLETIN DE COMMANDE

Veillez m'expédier en compte ferme la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ en 2 volumes rellés (21 x 29) au prix de 350 francs payables aux conditions ci-après :

- a) 20 francs par mois jusqu'à parfait paiement ;
  - b) En 3 paiements mensuels de 110 fr. 75 (5 % d'escompte déduit) ;
  - c) En un seul paiement de 330 francs (10 % d'escompte déduit) à la livraison.
- Chaque commande est majorée de 15 francs pour frais de port et d'emballage et chaque quittance de 1 franc pour frais d'encaissement.

Nom et prénoms .....

Signature :

Profession .....

## BON pour une NOTICE ILLUSTRÉE

Veillez m'adresser le prospectus spécimen de la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ.

Nom .....

Domicile .....

Adresse .....

Ville ..... Dép<sup>1</sup> .....

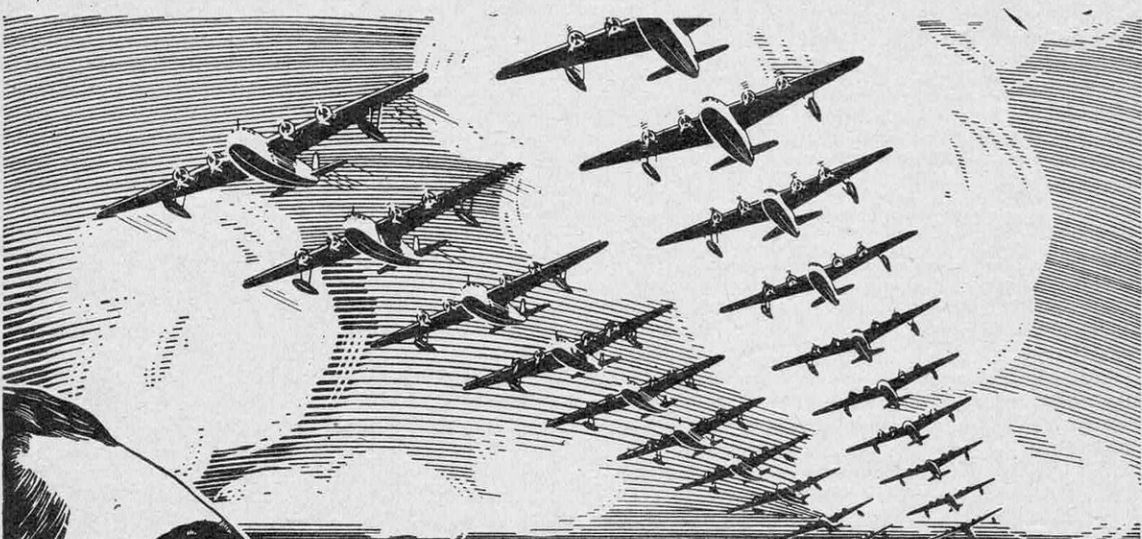
Le ..... 193 (Indiquer le paiement adopté)

Copier ou détacher ce BON ou ce BULLETIN et l'envoyer à la

**LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET** S. A. au Capital de 20.000.000 de fr. **278, B<sup>d</sup> St-Germain, Paris-7<sup>e</sup>**

(Service S. V.)

FUREL C. BLOCH



**POUR CHAQUE APPAREIL**

**IL faut UN OPERATEUR Radio**

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<sup>e</sup>



Telephone Central 78.87



# 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°

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

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

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays  
Copyright by La Science et la Vie, Mars 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LV

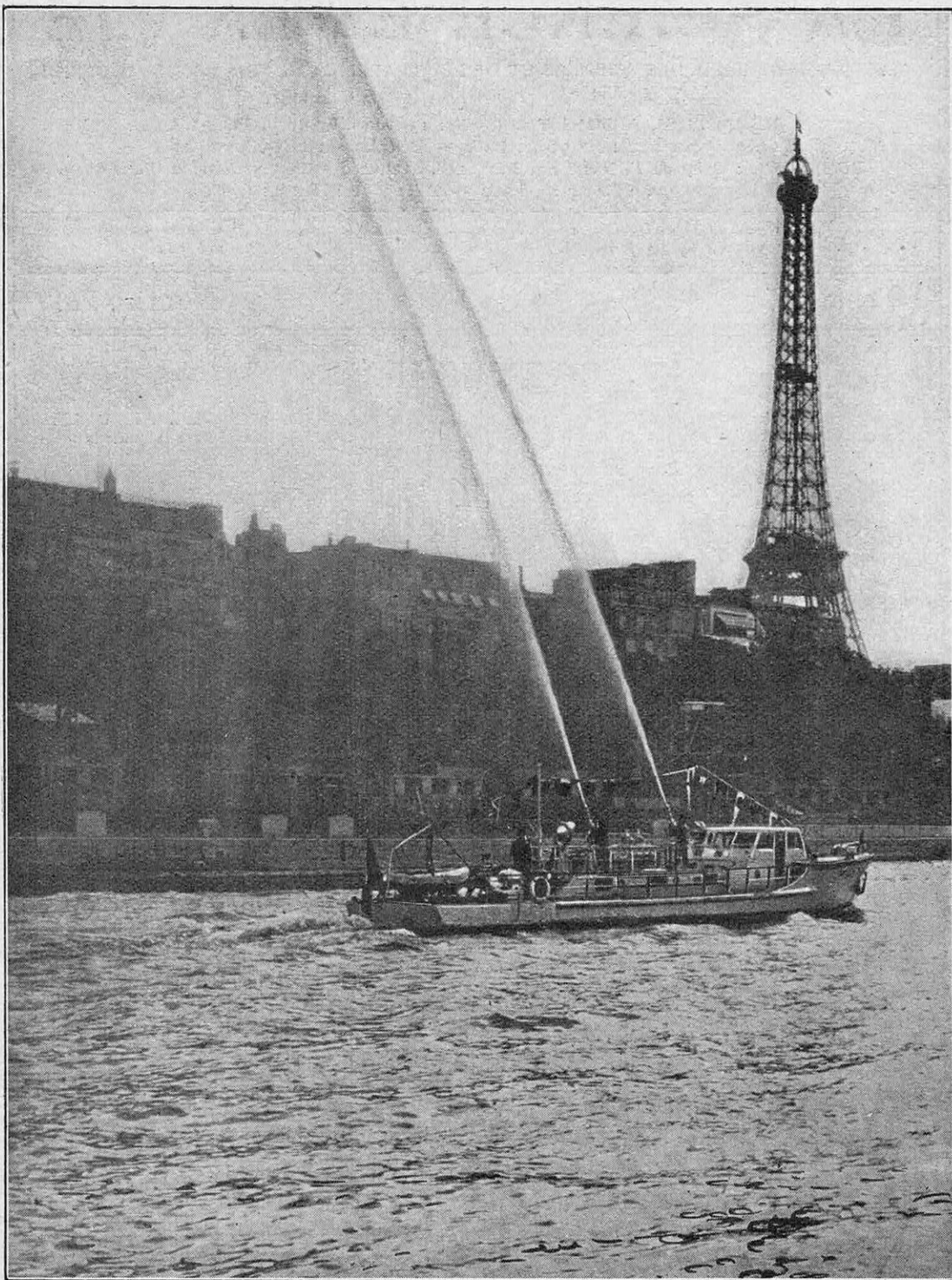
Mars 1939

Numéro 261

## SOMMAIRE

Méthodes et matériels modernes pour la lutte contre l'incendie .. <i>Le matériel de défense contre l'incendie se perfectionne sans cesse, à la fois en puissance et en efficacité. Voici les procédés nouveaux d'atomisation de l'eau et les méthodes physicochimiques récemment mises au point, fondées sur les propriétés des corps antioxygènes, des émulsions et des mousses.</i>	Jean Marchand.. . . . . 165 Ingénieur I. E. G., Licencié ès Sciences.
Qu'est-ce qu'un orage ? .. <i>L'exploration directe des systèmes nuageux en avion et par ballons-sondes a précisé notre connaissance des phénomènes orageux. De leur prévision dépend l'organisation rationnelle de la lutte contre la foudre, la grêle, etc.</i>	L. Houlevigue.. . . . . 174 Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
Les vitamines et l'enrichissement des aliments en vitamines .. <i>L'industrie alimentaire sait aujourd'hui préparer toute une gamme de produits « améliorés » par enrichissement naturel ou artificiel en vitamines. Cependant, un excès de vitamines risque d'engendrer à longue échéance des troubles graves dans l'organisme.</i>	Mme Lucie Randoïn .. . . . 182 Agrégée de l'Université, Docteur ès Sciences.
Que savons-nous des étoiles ? .. <i>Comment l'astrophysique moderne a scruté leur position, leur taille, leur masse, leurs températures, leur constitution.</i>	Marcel Boll .. . . . . 189 Agrégé de l'Université, Docteur ès Sciences.
La recherche du silence, facteur de progrès mécanique dans la construction automobile .. <i>Comment la lutte contre les bruits oriente les efforts des techniciens vers des solutions mécaniques de plus en plus parfaites.</i>	Henri Petit.. . . . . 201 Ancien élève de l'École Polytechnique.
La course au calibre et à la puissance de l'artillerie de D. C. A. .. <i>Pour atteindre les avions modernes volant à 500 km/h et à 10 000 m d'altitude, il faut une artillerie de D. C. A. de longue portée et de grande vitesse initiale. Seule l'augmentation du calibre des pièces actuellement en service peut résoudre ce problème.</i>	Camille Rougeron.. . . . . 210 Ingénieur en Chef du Génie maritime (C. R.).
Les remorqueurs de haute mer et le sauvetage des navires en perdition. <i>Voilà l'équipement spécialisé des remorqueurs de grande puissance pour le sauvetage en haute mer des navires avariés, incendiés ou désemparés par la tempête.</i>	Henri Le Masson.. . . . . 219
Une utilisation rationnelle du bois, sa transformation en sucre .. <i>De la cellulose du bois, l'industrie chimique moderne sait aujourd'hui extraire du sucre, et, par fermentation, de l'alcool. C'est une ressource nouvelle pour notre ravitaillement en carburant par l'exploitation rationnelle de la forêt française.</i>	L. Delavenna.. . . . . 228 Ing. Chimiste (E. C. I. L.).
Les curieuses propriétés chimiques et biologiques de l'hydrogène « lourd » et de l'eau « lourde » .. <i>Hydrogène « lourd » et eau « lourde » ne sont plus aujourd'hui de simples curiosités de laboratoire. Chimistes et biologistes peuvent, grâce à eux, suivre les réactions chimiques complexes et même les échanges nutritifs au sein des organismes vivants.</i>	André Guillaumin.. . . . . 233 Ingénieur Chimiste.
Les livres à méditer : Notre Sécurité ..	Camille Rougeron.. . . . . 237
La T. S. F. et la vie..	André Laugnac.. . . . . 240
Les A côté de la science..	V. Rubor .. . . . . 243

Le matériel mis en œuvre pour la lutte contre l'incendie a constamment évolué, dans sa conception et sa réalisation, au fur et à mesure que se sont précisées nos connaissances sur les conditions physiques et chimiques de la combustion. On sait aujourd'hui que l'efficacité de ce matériel ne dépend pas seulement de la masse d'eau projetée dans un temps donné sur le foyer, mais encore de l'état de division de cette eau qui, par « atomisation », peut constituer parfois, avec avantage, de véritables brouillards. Les mousses physiques et chimiques se sont montrées également très efficaces. La couverture de ce numéro représente la nouvelle autopompe de Paris, une des plus puissantes de ce type dans le monde, qui peut déliter 200 000 litres d'eau et 480 000 litres de mousse à l'heure. (Voir l'article page 165 de ce numéro.)



UN DES DEUX BATEAUX-POMPES DE PARIS AUX ESSAIS SUR LA SEINE

*Ces bateaux, d'une vingtaine de mètres de long, présentent une grande facilité de manœuvre, grâce à l'emploi d'un propulseur spécial (Voith Schneider) et leur vitesse est de 20 km/h. Les deux lances « Monitor » fixées sur le pont peuvent débiter 455 000 litres d'eau à l'heure. Ces bateaux sont également équipés pour effectuer des épuisements de bateaux et des sauvetages. Enfin, ils peuvent, dans une certaine mesure, remédier à une avarie des canalisations urbaines, car ils sont capables de refouler l'eau à 3 km environ à droite et à gauche de la Seine et d'alimenter ainsi plusieurs autopompes.*



# MÉTHODES ET MATÉRIELS MODERNES POUR LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G. — LICENCIÉ ÈS SCIENCES

*L'eau projetée en masse fut longtemps considérée comme la seule arme efficace contre l'incendie. Cependant l'étude technique des circonstances de la combustion, tant au point de vue physique que chimique, a permis de mettre au point, depuis quelques années, non seulement de nouveaux procédés d'utilisation de l'eau (atomisation), mais encore des méthodes nouvelles fondées sur les propriétés des corps antioxygènes, des émulsions et des mousses. Aussi le matériel de défense contre le feu s'est-il perfectionné à la fois en puissance et en efficacité. La fameuse pompe de 300 000 litres à l'heure (1) est déjà vieille de quelque quinze ans! Aujourd'hui, l'autopompe moderne depuis peu en service à Paris peut débiter non seulement 200 000 litres d'eau à haute pression, mais encore 480 000 litres d'une mousse persistante d'eau et de savon, adhérant sur toutes les parois, isolant ainsi les matières en combustion de l'air comburant. Son emploi est particulièrement indiqué contre les incendies d'hydrocarbures. Par ailleurs, la variété des extincteurs utilisant soit des liquides antioxydants, soit la mousse chimique, soit la neige carbonique, ont considérablement accru la sécurité en permettant une attaque immédiate du feu dès sa naissance, condition primordiale de succès. Les récentes démonstrations effectuées à Paris ont montré les progrès réalisés dans le matériel de lutte contre l'incendie. Il reste à souhaiter que le plus grand nombre possible de cités bénéficient d'une organisation aussi rationnelle.*

**P**ROMÉTHÉE, ayant dérobé le feu du ciel, fut-il puni par Jupiter pour avoir donné aux hommes une partie de sa puissance, ou parce que le Seigneur de l'Olympe avait prévu tout le mal que cet élément devait causer à l'humanité?

En effet si, domestiqué, le feu est à la base de nos industries, de nos transports sur terre, sur l'eau, dans les airs, déchainé il provoque par contre les terribles catastrophes dont la dernière est encore présente à toutes les mémoires. Aussi la lutte contre le feu a-t-elle été de tout temps une des préoccupations des hommes et, aujourd'hui, est-elle organisée, du moins dans certaines grandes cités, suivant une méthode rigoureuse, grâce au matériel perfectionné que la science et la technique ont mis à la disposition de ceux qui veillent à la sécurité de leurs concitoyens.

## L'eau contre le feu, l'atomisation

Le feu est la manifestation d'une réaction chimique particulière (combustion) entre une substance combustible et l'oxygène de l'air; il ne peut subsister évidemment si, par un moyen quelconque, on s'oppose au contact de l'oxygène, ou si l'on réussit à abaisser la température du foyer au-dessous du point d'inflammation

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 68, page 138.

de la substance en question. Aussi bien, toutes les méthodes préconisées pour lutter contre le feu n'ont-elles pas d'autre but.

L'eau, qui absorbe une grande quantité de chaleur en se vaporisant, agit surtout par le refroidissement du foyer auquel elle emprunte les calories nécessaires à son passage de l'état liquide à l'état gazeux (635 calories par litre). Pour profiter au maximum de cette action bienfaisante, il ne s'agit donc pas de noyer quelques points déterminés sous des torrents de liquide. Il faut obtenir dans le minimum de temps le maximum de vaporisation du plus grand volume d'eau possible sur toute l'étendue du foyer. Aussi, le général Poudroux, un des grands organisateurs du régiment de sapeurs-pompiers de Paris, estimait-il préférable de provoquer une pluie artificielle au-dessus d'un incendie (1) que de mettre en œuvre le jet direct et puissant des lances. Aujourd'hui, allant plus loin dans cette voie, on envisage même la création d'un brouillard qui s'infiltrerait partout. En outre, ce rideau de brume protégeant les sauveteurs contre la réverbération du foyer leur permet de s'en approcher et de repérer avec plus de précision les points que l'on

(1) Tout au moins pour les incendies de surface, dans les cas où la pénétration du jet et la distance du foyer ne nécessitent pas l'emploi d'orifices à haute pression.

attaquera alors directement. Des atomiseurs ont été mis au point spécialement pour réduire l'eau en fines gouttelettes. Ils s'installent aisément sur les canalisations ordinaires d'incendie, car ils n'exigent qu'une faible pression (2 à 4 kg/cm<sup>2</sup>). Dans certains appareils portatifs, la pression nécessaire est fournie par une capsule d'anhydride carbonique liquide.

### L'eau et les feux d'hydrocarbures

Cependant on a coutume d'affirmer que l'eau est impuissante vis-à-vis d'un feu *gras* (hydrocarbure enflammé). C'est exact, car, plus lourde que lui, l'eau va au fond et l'hydrocarbure continue à brûler à la surface. Cependant, les expériences effectuées au camp de Satory, près de Versailles, ont montré, il y a déjà quelques années, qu'on pouvait l'utiliser efficacement dans certaines conditions. En effet, après avoir mis le feu à l'huile lourde contenue dans un bac de 20 000 litres,

on procéda à l'ouverture de la vanne d'arrivée d'eau qui alimentait, sous une pression de 6 à 7 kg/cm<sup>2</sup>, des projecteurs spéciaux répartis dans le réservoir d'huile. Quelques instants suffirent, avec une consommation de 25 litres d'eau seulement, pour que l'extinction fût totale. C'est que le *brassage* énergique de l'huile avec l'eau avait produit une *émulsion* : chaque goutte d'huile se trouvait séparée de ses voisines par une mince pellicule d'eau. Dans ces conditions, l'oxygène de l'air ne pouvait plus entretenir la combustion. De plus, après l'extinction, l'huile se sépare de l'eau par différence de densité et le combustible n'a subi aucune altération. Un officier du régiment de Paris a même réussi à éteindre un commencement d'incendie d'un réservoir à mazout uniquement avec la lance de premier secours,

sans utiliser d'extincteur à liquide spécial.

Le développement de l'emploi du mazout dans notre civilisation moderne, soit pour le chauffage central des immeubles, soit pour le chauffage industriel (chaudières, fours, chauffe des navires, etc.), a orienté l'effort des techniciens dans cette voie. Cependant la mise en œuvre du procédé ci-dessus exige l'aménagement spécial des projecteurs d'eau dans les réservoirs à huile lourde. En attendant ces aménagements, il vaut donc mieux abandonner l'eau au profit d'une arme plus efficace dont l'utilisation s'avère de plus en plus

intéressante : la *mousse* (1).

### Mousse chimique et mousse mécanique

Il est évident que si l'on réussissait à créer autour du foyer d'incendie une atmosphère n'entretenant pas la combustion, la victoire serait rapidement assurée. Le gaz carbonique, facile à préparer, produit bon marché que l'on sait conserver aisément en grandes quantités sous un

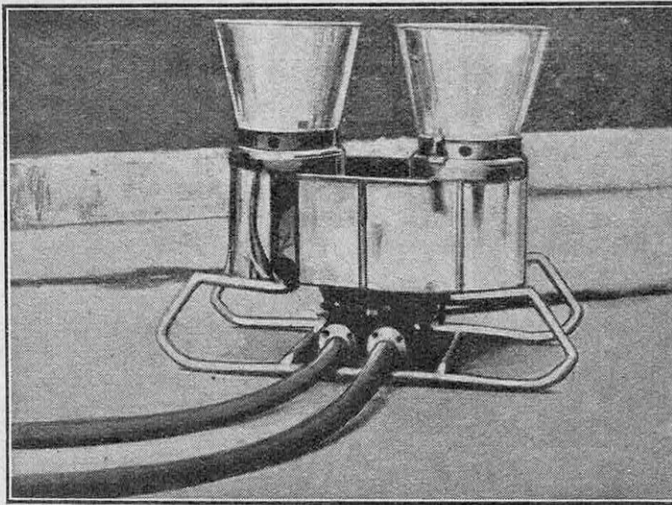


FIG. 1. — POMPE A MOUSSE CHIMIQUE POUVANT ÊTRE BRANCHÉE SUR UNE CANALISATION A FAIBLE PRESSION D'EAU

*Les poudres composées de sulfate d'alumine, de bicarbonate de soude et de racine de saponaire sont entraînées et brassées par la turbine. Les bulles qui se forment sont gonflées de gaz carbonique, de sorte que la mousse obtenue constitue un matelas isolant les matières en combustion de l'oxygène.*

faible volume, dans des bouteilles d'acier forgées d'un seul bloc et capables de supporter des pressions de 250 kg/cm<sup>2</sup>, semble tout désigné pour cela. Cependant un simple jet, voire même une nappe de gaz carbonique, n'aurait aucun effet : la chaleur dégagée par l'incendie l'empêcherait de rester au contact du foyer ; il serait entraîné par le *tirage* et l'oxygène continuerait d'affluer à la base du feu. Il faut donc, en quelque sorte, fixer le gaz carbonique sur les corps en ignition. C'est le rôle de la *mousse chimique*.

Imaginons que l'eau d'une autopompe rencontre, en un point de son parcours dans la tuyauterie, une poudre composée de sul-

(1) N'oublions pas non plus que l'eau peut être dangereuse. Si le jet frappe un câble électrique à haute tension, le pompier qui tient la lance peut être électrocuté, la veine liquide jouant le rôle de conducteur.



fate d'alumine, de bicarbonate de soude et de racine de saponaire (produit mucilagineux analogue à la réglisse). Cette poudre, contenue dans un entonnoir disposé sur la canalisation, est entraînée au fur et à mesure par l'eau grâce à un injecteur. Le brassage donne naissance à des bulles très fines qui, gonflées par le gaz carbonique dégagé, forment une sorte de mousse persistante. Les bulles sont constituées par de l'alumine colloïdale, incombustible et stable. Elles sont

l'eau ayant été mélangée au préalable à une certaine quantité de savon liquide. L'extrémité de ce pistolet contient une petite turbine tournant à grande vitesse sous l'action de l'air et de l'eau sous pression. Ainsi se produit un brassage énergique émulsionnant l'eau et le savon, et un magnifique éventail de mousse persistante est projeté par l'appareil. Il y a quelques années, nous avons pu assister à l'extinction rapide au moyen de cette *mousse mécanique* de l'huile lourde

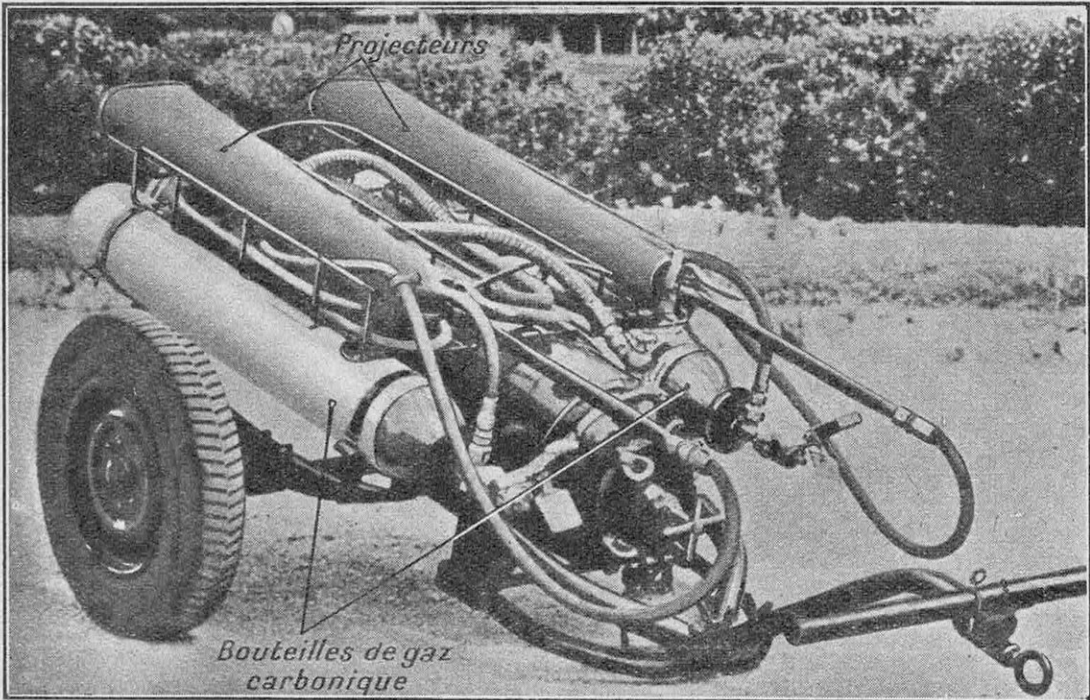


FIG. 2. — CE GROS EXTINCTEUR A GAZ CARBONIQUE (CAPACITÉ, 50 KG), COMBINÉ AVEC UN EXTINCTEUR A MOUSSE DE 100 LITRES, PEUT ÊTRE AISEMENT PRIS EN REMORQUE ET RAPIDEMENT AMENÉ A PIED D'ŒUVRE

reliées les unes aux autres par du sulfate de soude qui assure l'humidification de la mousse. Répandue sur les corps en ignition, cette mousse constitue alors un véritable matelas qui isole le foyer de l'oxygène de l'air, de la même façon que l'émulsion d'eau et d'hydrocarbure dont nous avons parlé plus haut. Le combustible s'éteint faute de comburant.

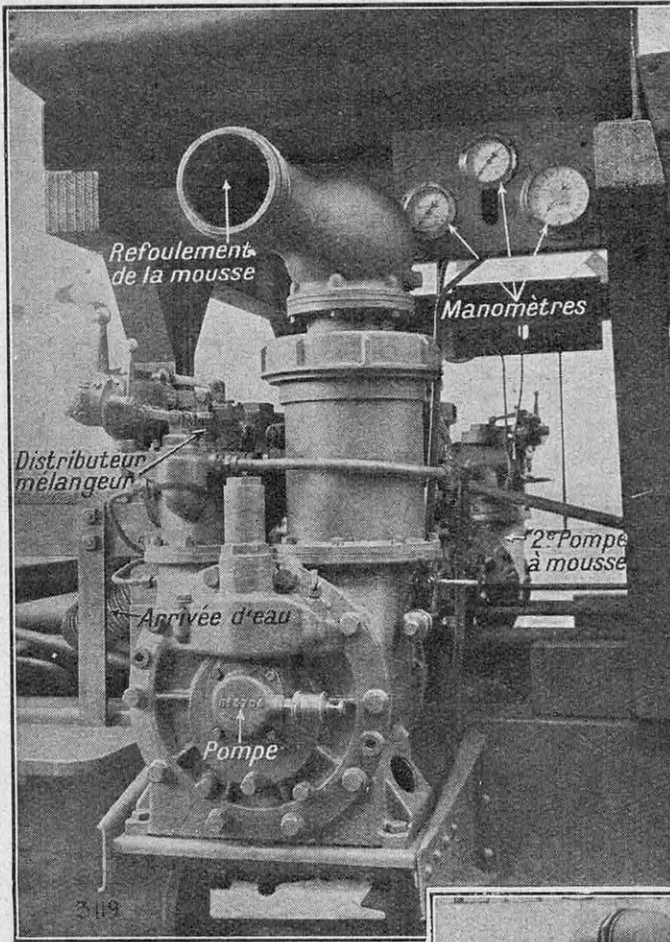
Il est même possible de supprimer complètement le gaz carbonique qui n'est nullement indispensable à la formation du matelas isolant. Il suffit d'utiliser simplement de l'eau et du savon. A Paris, notamment, des expériences concluantes ont été effectuées au moyen d'une sorte de pistolet recevant à la fois de l'eau et de l'air sous pression,

contenue dans un bac. Très simple, ce système peut être adopté sur toutes les autopompes et nous verrons qu'il l'est effectivement aujourd'hui sur le matériel moderne.

### La neige carbonique

Qui ne connaît la « glace sèche » (1) si utilisée aujourd'hui pour les emballages frigorifiques, ne laissant aucune trace liquide au fur et à mesure de sa consommation ? On sait qu'elle est obtenue par compression de la neige carbonique pulvérulente résultant de la détente brusque, à la température ordinaire, de la vapeur d'anhydride carbonique liquide. La conservation de ce dernier en bouteilles rend aisée cette préparation.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 236, page 158.



(Delahaye.)

FIG. 3. — UNE DES DEUX POMPES A MOUSSE DE LA NOUVELLE AUTO-POMPE DES POMPIERS DE PARIS  
Débit de mousse : 4 m<sup>3</sup>/mn.

Or, il suffit que l'atmosphère contienne seulement 10 % du gaz carbonique résultant de la sublimation (1) de cette neige pour être incapable d'entretenir une combustion. Il n'y a donc aucun danger à se servir d'appareils à neige carbonique, sauf toutefois dans des caves, des soutes de navires, etc.

Ces appareils agissent sur le feu de trois façons :

*Mécaniquement*, par la détente qui « souffle » la flamme ;

*Physiquement*, par le refroidissement dû à la neige carbonique dont la température est de — 79° centésimaux ;

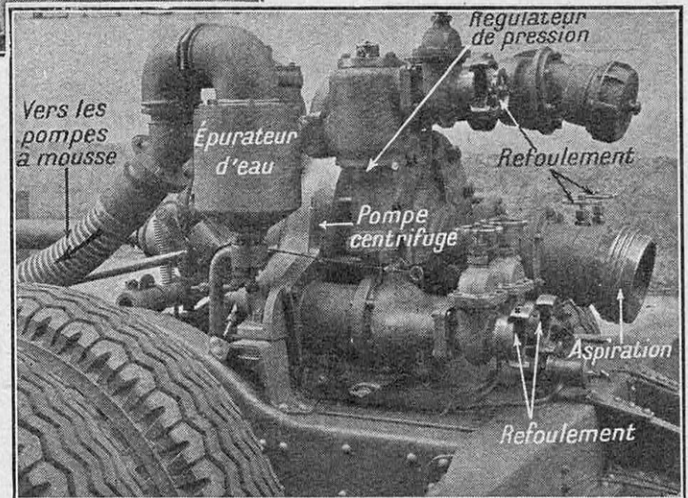
*Chimiquement*, par la production d'une atmosphère incomburante.

(1) Passage direct de l'état solide à l'état gazeux.

Enfin, il est évident que le gaz carbonique est efficace contre les feux secs, les feux gras et les feux électriques, quelle que soit la tension.

### Les antioxygènes et l'incendie

Certains corps ont la propriété de paralyser par leur seule présence, même en quantité relativement minime, les réactions d'oxydation. On les a appelés antioxygènes (1). Ils jouent, en quelque sorte, un rôle opposé à celui des catalyseurs (2). Les travaux de M. Dufraisse, du Collège de France, permettent d'entrevoir leur application à la lutte contre l'incendie (3). Son expérience est aujourd'hui classique : dans un fourneau étanche muni d'une tuyère à sa partie inférieure, il introduit de la braise de boulanger en ignition, une fenêtre de mica transparent permettant au rayonnement du foyer de frapper une pile thermoélectrique pour la mesure de la température. Après avoir d'abord envoyé un jet d'air dans



(Delahaye.)

FIG. 4. — LA POMPE A EAU DE LA NOUVELLE AUTO-POMPE DES POMPIERS DE PARIS  
Capable de débiter 200 000 litres d'eau à l'heure, cette pompe alimente également en eau les deux pompes à mousse.

le fourneau pour obtenir une incandescence vive, M. Dufraisse substitue à l'air un mé-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 171, page 190.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 112, page 300.

(3) Toutefois, ces travaux demeurent encore du domaine du laboratoire.

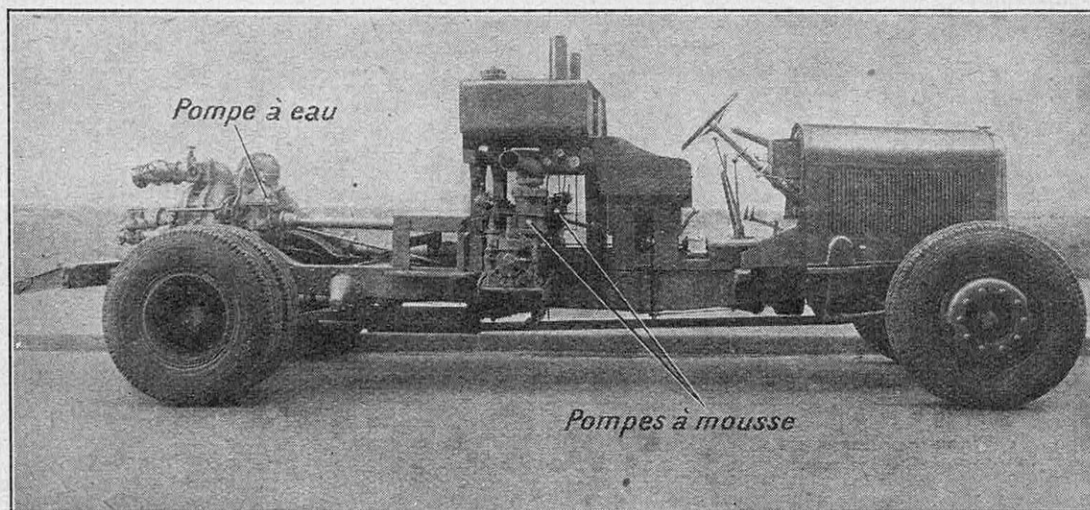


lange gazeux, constitué par de l'air et une faible proportion d'oxychlorure de phosphore ; 1 % seulement de ce dernier suffit pour éteindre le foyer.

Parmi les divers gaz et vapeurs expérimentés, M. Dufraisse reconnut au tétrachlorure de carbone un pouvoir antioxygène notable. D'où son emploi dans certains extincteurs.

M. Dufraisse n'a pas seulement étudié, de ce point de vue, les gaz et les vapeurs. Dans une récente communication à l'Académie des Sciences de Paris, MM. Dufraisse et German ont fait connaître notamment

sières dont la décomposition par la chaleur devrait, au contraire, renforcer la combustion (chlorate, perchlorate de potassium et autres corps comburants). Ils ont conclu de leurs expériences : que ces comburants se comportent tantôt comme accélérateurs de la combustion, tantôt comme extincteurs, selon la température de la flamme ; que les comburants moins sensibles à la chaleur (nitrates de potassium et de sodium) éteignent toutes les flammes essayées ; que certains comburants éteignent mieux la flamme qu'un corps inerte. Aussi le nitrate de potassium est, suivant la flamme, de 2 à



(Delahaye.)

FIG. 5. — LA NOUVELLE AUTOPOMPE A EAU ET A MOUSSE DES POMPIERS DE PARIS

*C'est l'engin le plus moderne actuellement en service pour la lutte contre le feu : 200 000 litres d'eau et 480 000 litres de mousse à l'heure ! La mousse utilisée, qui peut être projetée à 25 m de hauteur, est du type mécanique. Elle est obtenue simplement par brassage d'eau et de savon liquide spécial.*

les conclusions auxquelles les ont conduits des expériences effectuées avec des poudres, des poussières dont on admet couramment que leur action extinctrice est due à l'isolement et au refroidissement du combustible, d'une part, à la production de fluides inertes, eau ou gaz carbonique d'autre part. Or il est prouvé que l'on peut entretenir des combustions avec l'air liquide ou au sein de l'eau sous pression, c'est-à-dire dans des conditions de refroidissement extrême. Par contre, le bicarbonate de sodium éteint des flammes à des doses où leur pouvoir refroidissant est infime et sa décomposition intensive au contact de la flamme est contestée. Il semble donc que ce produit jouit d'un pouvoir extincteur spécifique indépendant du gaz dégagé par chauffage. Mieux encore, MM. Dufraisse et German ont montré qu'il était possible d'éteindre des flammes avec des pous-

40 fois plus actif que le bicarbonate de sodium le plus réputé des extincteurs pulvéreux connus.

### Le matériel contre l'incendie

Etablir une classification complète du matériel utilisé dans la lutte contre le feu nous entraînerait à un nombre de considérations hors de proportion avec une étude d'ensemble comme celle-ci. La nature de l'incendie, son importance devraient évidemment entrer en ligne, en même temps que le genre de produit extincteur mis en œuvre. C'est d'après ce dernier que nous classerons le matériel, car, en définitive, la nature de l'agent extincteur n'est-elle pas en grande partie commandée par celle du feu lui-même ? Et, dans chaque catégorie, il sera aisé de discerner le matériel domestique de celui de premier secours et de

celui, plus puissant, réservé aux spécialistes.

Signalons, pour ne plus avoir à y revenir, que certains procédés à la portée de tous peuvent parfois, sinon éteindre un incendie, du moins le faire avorter. Ce sont : l'emploi de la couverture mouillée, de cendres, de terre, de sable, de plâtre et même de sciure capables d'éteindre quelques flammes. Remarquons aussi qu'il ne faut pas attacher une trop grande confiance à certaines grenades contenant trop peu de liquide et des produits tels que le chlorure de calcium, du chlorhydrate d'ammoniaque, du chlorure de sodium, de magnésium ou de potassium, dont la valeur d'extinction est peu appréciable.

### Comment utiliser l'eau

L'eau agit, avons-nous dit, sur les *feux secs, mécaniquement*, en frappant les flammes, *physiquement* par refroidissement. Il faut donc qu'elle soit projetée avec force lorsque on peut atteindre directement le foyer. Ainsi un simple *seau d'eau* de 10 litres environ, bien étalé sous forme de nappe, peut avoir raison d'un commencement d'incendie. Mais, quoi que l'on en pense, seul un opérateur adroit, robuste et entraîné peut réussir cet étalement en nappe avec le minimum de « trous ».

C'est donc à la *pompe* qu'il faut avoir recours pour projeter l'eau à distance. Seule, elle permet de relever la pression de l'eau à une valeur suffisante et d'utiliser des réserves d'eau non en charge. La pompe à main, combinée avec le seau (seau-pompe de 20 litres) que l'on peut alimenter indéfiniment, permet déjà une action prolongée.

Par ordre d'importance, nous trouvons maintenant les *extincteurs à eau atomisée*. Ces appareils se composent d'un corps cylindrique contenant de l'eau qu'une cartouche de gaz carbonique peut chasser dans un tuyau terminé par un pulvérisateur (atomiseur). L'eau sort sous la forme d'un brouillard constitué par de fines gouttelettes d'un diamètre inférieur à 1 micron (millième de millimètre). Remarquons que ce brouillard, non conducteur, peut être utilisé contre les feux électriques et contre les feux gras. Son action contre les feux secs est lente et ne peut s'exercer à distance. De plus, ces appareils exigent de fréquentes vérifications de la cartouche, qui n'est jamais complètement étanche (par démontage et pesée).

Passons rapidement sur les *pompes à bras* dont l'introduction date du XVII<sup>e</sup> siècle. Signalons que l'apparition des tuyaux souples, munis d'une lance permettant

d'attaquer le foyer où il se trouve, fut saluée comme un grand progrès sur les premiers appareils qui ne comportaient qu'une lance fixe. Cependant, aujourd'hui, ne revient-on pas à des *canons à eau* fixes à grande puissance dont le jet dépasse 100 m ? Mais ils sont plutôt destinés à créer l'effet de pluie que nous avons signalé plus haut.

*Les pompes à vapeur* ne furent mises en service qu'après 1870, et il faut attendre 1907 pour trouver les *autopompes* actuellement en service. Le puissant engin débitant 300 000 litres d'eau à l'heure (1) est aujourd'hui dépassé par des pompes centrifuges dont le débit atteint 350 et même 450 m<sup>3</sup> à l'heure.

Bien entendu, les services des pompiers disposent d'une gamme de motopompes dont les débits s'échelonnent de 50 m<sup>3</sup>/h à 6 kg/cm<sup>2</sup> (motopompe portative) à 80 m<sup>3</sup>/h à 8 kg/cm<sup>2</sup>.

### La grande diversité des extincteurs

Dans une revue rapide des extincteurs utilisant d'autres produits que l'eau, nous trouvons successivement :

*Les appareils à poudre* contenant 1/3 de bicarbonate de soude, 1/3 de terre d'infusoire (Kieselguhr), 1/3 de silice pulvérisée (sable fin) pour les très petits feux. Ils se présentent soit sous la forme de cornets avec lesquels on projette la poudre en fauchant (il y a une légère production de gaz carbonique), soit sous la forme de bombes où la projection de la poudre est assurée par un détonateur ou par une capsule de gaz carbonique. La portée de ces appareils est faible ;

*Les extincteurs à liquide* ignifugeant contenant de l'acide (sulfurique ou chlorhydrique) ou une solution de chlorure d'ammonium et une solution de bicarbonate de soude. Le mélange des liquides, obtenu au moment d'utiliser l'appareil (soit par percussion, soit par renversement), produit du gaz carbonique. Leur portée varie de 6 à 7 m, mais leur action, peu efficace, se limite aux feux secs ;

*Les extincteurs à liquide isolant* à tétrachlorure de carbone ou à bromure de méthyle. Nous avons vu le pouvoir antioxydant de ces produits sur n'importe quel genre de feu ;

*Les extincteurs à anhydride carbonique liquide*. Leur action est triple : la détente de la vapeur « souffle » la flamme ; le refroidissement dû à la neige carbonique est intense (— 79° C) ; l'atmosphère de gaz carbonique n'entretient pas la combustion.

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 68, page 138.



Leur portée est de 2 m environ et ils sont notamment utilisés pour la protection des navires et, en particulier, des soutes, sur les aérodromes, etc. Leur action est instantanée. Des postes mobiles à anhydride carbonique liquide, capables de projeter 150 000 litres à la minute à l'aide de plusieurs lances, peuvent être amenés par des voitures rapides près d'un avion en flammes et permettent aux sauveteurs de pénétrer dans le foyer jusqu'aux passagers.

Signalons également l'emploi du gaz

### L'autopompe à eau et à mousse à grande puissance des pompiers de Paris

Les sapeurs-pompiers parisiens ont actuellement en service une nouvelle autopompe qui complète heureusement leur matériel déjà perfectionné. Cet engin, actionné par un moteur 6 cylindres de 6,136 l de cylindrée, est capable, en effet, de débiter 200 000 litres d'eau à l'heure, à la pression de 15 kg/cm<sup>2</sup>, et 8 m<sup>3</sup> de mousse par minute (480 000 litres à l'heure). La pompe à eau située à

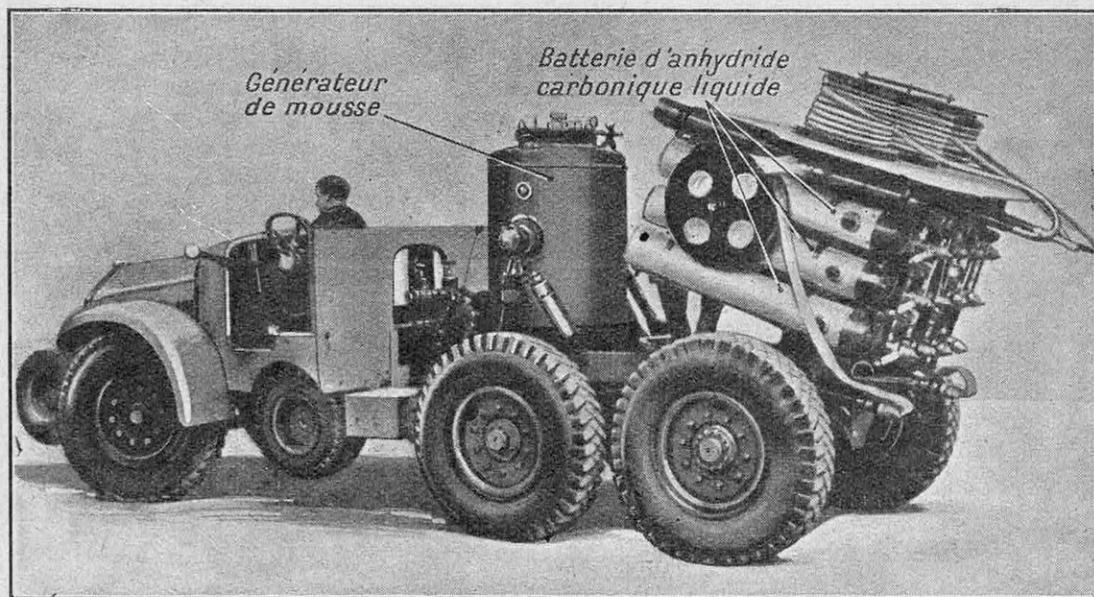


FIG. 6. — POUR LA SÉCURITÉ SUR LES AÉRODROMES ET LE SAUVETAGE DES AVIONS EN FLAMMES, VOICI UNE BATTERIE MOBILE D'EXTINCTEURS A ANHYDRIDE CARBONIQUE LIQUIDE (CAPACITÉ, 300 KG) COMBINÉE AVEC UN GÉNÉRATEUR DE MOUSSE DE 500 LITRES

*Le véhicule peut se rendre à proximité du feu à combattre à la vitesse de 60 km/h, sur tous terrains.*

carbonique sous pression dans les cinémas pour éteindre instantanément un film qui s'enflamme. La boucle libre du film étant doublée d'un film en fulmicoton aboutissant à un percuteur par l'intermédiaire d'un collier en celluloïd, l'inflammation de ce dernier libère le percuteur qui déclenche immédiatement un jet de gaz carbonique comprimé qui éteint la flamme ;

Les extincteurs à mousse, contenant du sulfate d'alumine et une solution de bicarbonate de soude avec un produit tel que la réglisse. Au moment du mélange (obtenu par percussion ou par renversement), le liquide est chassé par le gaz carbonique dégagé. Un récipient de 10 litres peut donner 100 litres de mousse dont l'action est puissante, car elle étouffe le feu sous un matelas de gaz carbonique. Leur portée varie de 6 à 12 m.

l'arrière et les deux pompes à mousse d'air, installées vers le milieu du châssis, à droite et à gauche, peuvent fonctionner ensemble ou séparément, grâce à une boîte placée sur le démultiplicateur à deux vitesses et transmettant au pont arrière le mouvement de la boîte de changement de vitesse du châssis (trois vitesses AV et une marche AR) (1). La boîte additionnelle contient, en effet, trois commandes auxiliaires (une pour la pompe à eau, deux pour les pompes à mousse) pouvant être embrayées ensemble ou isolément.

L'appareillage est complété par deux réservoirs à savon (2) de 250 litres de capacité

(1) La manœuvre combinée de la boîte de changement de vitesse et du multiplicateur permet donc d'obtenir six vitesses en marche avant et deux en marche arrière.

(2) Ce savon liquide, ou saponine, est une glucoside extraite d'écorce de diverses saponaires.

chacun pouvant alimenter les pompes à mousse ensemble ou séparément. C'est, en effet, à ce que nous avons appelé la *mousse mécanique* que l'on fait appel. Cette auto-pompe est donc l'aboutissement des essais effectués, il y a quelques années, à Paris pour simplifier la préparation de la mousse persistante. Enfin, des tuyauteries permettent d'assurer l'alimentation en eau des pompes à mousse, soit au moyen de la pompe à eau, soit à partir d'une bouche d'eau sous pression — avec un filtre et un régulateur de pression (fig. 3, 4 et 5).

Cette pompe est du type centrifuge avec dispositif d'amorçage automatique. L'aspiration se fait en son centre par un orifice de 150 mm pour la marche à grand débit. Le refoulement se fait par cinq orifices : un de 100 mm, quatre de 70 mm.

Les pompes à mousse d'air sont en bronze, à palettes légères sans frottement à la périphérie et coulissant dans les rainures du rotor. L'aspiration de chaque pompe est munie d'un distributeur mélangeur réglant l'arrivée d'eau, de savon et d'air, et la quantité de mousse au moyen d'un arbre à cames.

C'est là actuellement un des plus puissants engins établis pour la lutte contre le feu. Ainsi une péniche de 2 500 litres de gasoil enflammé a été éteinte en 18 secondes avec une consommation de savon de 2,5 litres seulement.

### Bateaux-pompes modernes

Nés de la nécessité d'assurer une protection efficace de l'Exposition de Paris 1937, installée le long de la Seine et sur l'île des Cygnes, et des obligations imposées par la Défense passive, les deux bateaux-pompes

parisiens devaient bénéficier des derniers progrès de la technique. Ils devaient notamment présenter une grande maniabilité (démarrage, arrêt, manœuvres rapides), ne pas dépasser une vitesse de 25 km/h en vue d'éviter la formation de vagues susceptibles de provoquer des accidents aux autres

bateaux ou sur les rives, posséder une grande puissance de débit et de refoulement, une autonomie complète et être capables d'effectuer des épuisements de bateaux et des sauvetages.

D'une longueur de 21 m avec un tirant d'eau de 1,13 m et un « tirant d'air » de 2,90 m, les nouveaux bateaux-pompes ont une vitesse maximum de 20 km/h. Ils sont actionnés par un moteur principal à 8 cylindres (deux groupes de 4 cylindres inclinés à 60°), d'une puissance maximum de 200 ch, avec démarreurs électriques et à air comprimé. La facilité de manœuvre a été obtenue grâce au propulseur *Voith Schneider* (1), qui autorise de rapides changements de direction et même les marches avant et arrière sans renverser le sens de rotation du moteur et du propulseur.

La pompe centrifuge à deux étages, placée au-dessous du niveau de flottaison, aspire directement l'eau du fleuve par deux orifices de 150 mm et la refoule dans une canalisation verticale alimentant deux lances « Monitor » de 50 mm, orientables au moyen de volants, et une culotte de refoulement à huit orifices de 100 mm. Le débit de la pompe varie de 166 000 litres à l'heure, à la pression de 22 kg/cm<sup>2</sup>, à 400 000 litres à l'heure à 8 kg/cm<sup>2</sup>. Aux essais, les débits extrêmes avec les lances « Monitor » ont été

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 197, page 381.

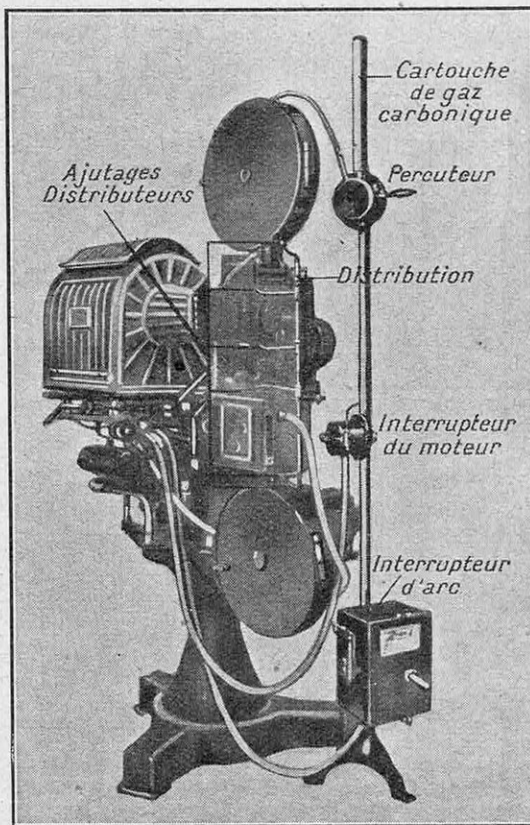


FIG. 7. — EXTINCTEUR AUTOMATIQUE POUR FILM CINÉMATOGRAPHIQUE

Lorsque le film prend feu, le percuteur est déclenché et le gaz carbonique est projeté immédiatement sur le film. En même temps, le courant est coupé et l'arc de rupture est éteint. Les dégâts sont le plus souvent limités à la destruction de quelques images du film, c'est-à-dire à quelques centimètres.



de 145 000 litres à 23 kg/cm<sup>2</sup> et de 455 000 l à 5,5 kg/cm<sup>2</sup>. En outre, la pompe peut entrer immédiatement en action, le bateau étant en marche, ce qui permet d'attaquer un incendie dans le minimum de temps, condition essentielle de succès.

Signalons enfin l'installation électrique : un groupe électrogène de 43 ch entraîne une génératrice assurant l'éclairage de deux projecteurs de 1 000 W, 110 V et, au moyen d'une batterie d'accumulateurs de 150 A, 24 V, 13 lampes de 40 W ; un groupe électropompe pour l'épuisement des eaux de cale, le refoulement sur le pont en cas d'incendie du bateau ; un groupe compresseur alimentant la bouteille d'air comprimé du démarreur du moteur principal ; un groupe électropompe d'épuisement pour porter secours aux bateaux accidentés présentant une voie d'eau. Ce dernier groupe a un débit horaire variant de 210 à 218 m<sup>3</sup>.

On se souvient certainement que, seuls, les bateaux-pompes de Marseille et de Toulon permirent dernièrement d'alimenter les lances des pompiers et de circonscrire enfin le sinistre qui menaçait de s'étendre à tout un quartier. Grâce à leur puissance de refoulement, les bateaux-pompes peuvent donc, dans une certaine mesure, notamment pour la Défense passive, assurer l'alimentation des autopompes si les canalisations d'eau de la ville venaient à être détruites (1).

(1) Les bateaux-pompes de Paris peuvent refouler l'eau à 3 km environ de chaque côté de la Seine.

Terminons cet exposé du matériel nouveau des pompiers de Paris par quelques mots du *vide-cave*, capable d'épuiser l'eau rapidement dans des sous-sols. C'est un appareil hydraulique qui fonctionne sous la pression de l'eau des canalisations urbaines. Cette eau arrive par un collecteur à une turbine hydraulique qui entraîne une pompe centrifuge. Son débit horaire varie, de 50 000 litres à 110 000 litres.

La lutte contre le feu, qui se bornait jadis à tenter de noyer le ou les foyers sous de grandes quantités d'eau — ce qui exige notamment une distribution dont seules peuvent bénéficier les grandes cités — fait appel aujourd'hui aux conquêtes les plus récentes de la physique et de la chimie qui ont permis de mettre au point un appareillage moins encombrant utilisant les propriétés incombustibles de produits faciles à stocker. N'oublions pas d'ailleurs que son maximum d'efficacité dépend au premier chef de la rapidité des premiers secours, c'est-à-dire d'une organisation rationnelle de la détection d'incendie.

En outre, seule la *prévention*, fondée sur l'étude des risques, sur la bonne disposition des accès et des évacuations, peut donner des garanties suffisantes de sécurité. Il faut savoir qu'un sinistre peut toujours dépasser en puissance l'efficacité des moyens mis en œuvre pour le combattre.

JEAN MARCHAND.

Les photos fig. 1, 2, 6 et 7 sont extraites de l'ouvrage *Le Feu chez moi*, par R.-J. DUMONT.

Les constructeurs britanniques, qui occupent — après les Etats-Unis — la seconde place sur le marché automobile mondial, commencent à s'émouvoir de la progression continue de l'industrie allemande et de la concurrence toujours plus âpre qu'elle lui fait, non seulement à l'étranger, mais jusque sur les territoires de l'Empire : Indes, Ceylan, Birmanie, Australie, Afrique du Sud, où l'industrie anglaise jouit cependant de droits préférentiels. Le Haut Commissaire commercial pour les Indes, la Birmanie et Ceylan, a signalé que les fabricants allemands s'efforcent de gagner le marché de ces pays en cotant des prix défiant toute concurrence et qui semblent n'avoir aucun rapport avec le coût de production. C'est ainsi, par exemple, qu'aux Indes les voitures allemandes soumises à l'impôt de 37 1/2 % sont offertes à 40 livres sterling au-dessous du prix des voitures britanniques de classe équivalente, qui ne payent qu'un droit d'entrée de 30 %. Des efforts de « dumping » analogues ont été enregistrés en Australie et dans l'Union Sud-Africaine. Il faut, comme *La Science et la Vie* le faisait récemment observer, s'attendre à les voir s'intensifier au cours des années prochaines lorsque le « Volkswagen », voiture populaire (1), construit en grande série dans des usines spécialement créées à cet effet, contraindra les constructeurs allemands actuels à exploiter de plus en plus les marchés d'exportation.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 160.

# QU'EST-CE QU'UN ORAGE ?

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*L'orage est un des phénomènes météorologiques les mieux caractérisés qui soient. Ses manifestations principales (vent violent et soudain, averses de pluie ou de grêle, éclairs et tonnerre) nous sont familières à tous ; cependant leur mécanisme demeure, pour le savant, encore mystérieux à beaucoup d'égards. Cela tient, pour une grand part, aux difficultés que soulève l'exploration directe des formations nuageuses, seule susceptible de nous renseigner avec quelque précision sur les phénomènes complexes, d'ordre physique et électrique, dont elles sont le siège. Ce n'est que tout récemment que l'on est parvenu, grâce aux ballons-sondes et à l'avion, à étudier la répartition en altitude des températures et des charges électriques à l'intérieur des nuages orageux, à mettre en évidence le rôle capital des courants ascendants dans l'électrisation du nuage et dans la formation des grêlons. La Science et la Vie a déjà signalé les remarquables résultats obtenus, au cours de ces dernières années, dans la protection des vignobles du Beaujolais contre la grêle (1). Les progrès de notre connaissance des phénomènes orageux doivent permettre de perfectionner encore ces méthodes rationnelles de défense et, par l'observation des conditions favorables à la formation des orages, de les prévoir à plus longue échéance.*

**L** y a peu de phénomènes météorologiques mieux caractérisés ; d'abord par une condensation nuageuse, accompagnée de phénomènes électriques bruyants et lumineux, ensuite par le souffle soudain du vent, suivi de près par d'abondantes chutes d'eau ou de grêle. L'orage, toujours inquiétant, souvent destructif, est un météore justement redouté du marin et de l'agriculteur ; enfin, il n'en est pas de plus universel, car il se manifeste en toute saison, quoique plus fréquemment en été qu'en hiver, et sous toutes les latitudes, bien qu'avec des fréquences fort inégales : pour 1 jour d'orage par an dans les régions polaires, on en compte plus de 100 au voisinage de l'Equateur, la moyenne étant, en Europe Occidentale, de 25 à 30.

Il importe donc de soumettre le phénomène orageux à une étude précise ; mais, dès à présent, on doit noter un point essentiel : si les éclairs, le tonnerre et, accessoirement, la grêle forment les caractères les plus ostensibles de l'orage, ils en sont les conséquences et non pas les causes ; autrement dit, c'est l'orage qui produit la foudre et la grêle, suivant un mécanisme que nous serions heureux de connaître ; cette précision est nécessaire parce que, historiquement, on a été porté d'abord à attribuer une influence prédominante aux phénomènes électriques, qui sont évidemment les plus impressionnants ; une étude méthodique doit donc reléguer ces phénomènes accessoires au second plan, et s'occuper d'abord du nuage orageux.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 101.

## La succession nuageuse

L'orage ne naît pas brusquement et sur place ; il est le résultat d'une incubation atmosphérique qui dure ordinairement plusieurs jours, et parfois plus d'une semaine ; M. Gabriel Guilbert, météorologiste très averti, a eu le mérite de mettre en lumière un des caractères de cette incubation, qui est la succession nuageuse. Le premier terme est constitué par les cirrus, filamenteux (fig. 1) ou moutonnés (fig. 2), qui prennent naissance dans la troposphère (1) supérieure, à des altitudes comprises, sous nos climats, entre 8 et 10 km ; ces nuages sont formés, comme on sait, par de très fines aiguilles de glace qui s'agglomèrent en « moutons » séparés lorsque, comme l'a établi M. Bénard (2), ils sont roulés par des courants aériens convectifs du type cellulaire. Ces aiguilles légères tombent lentement vers le sol, en même temps qu'elles sont entraînées par le vent ; elles peuvent s'agglomérer en formant un voile continu, auquel on a donné le nom de pallio-cirrus ; à mesure qu'elles s'abaissent, elles rencontrent des couches humides dont elles condensent la vapeur, d'abord sous forme solide, puis à l'état de gouttelettes minuscules (diamètres compris entre 0 mm 015 et 0 mm 040), qui s'agglomèrent ensuite en donnant de véritables gouttes de pluie.

(1) Couche atmosphérique qui touche la surface terrestre. Son épaisseur est de 11 km environ.

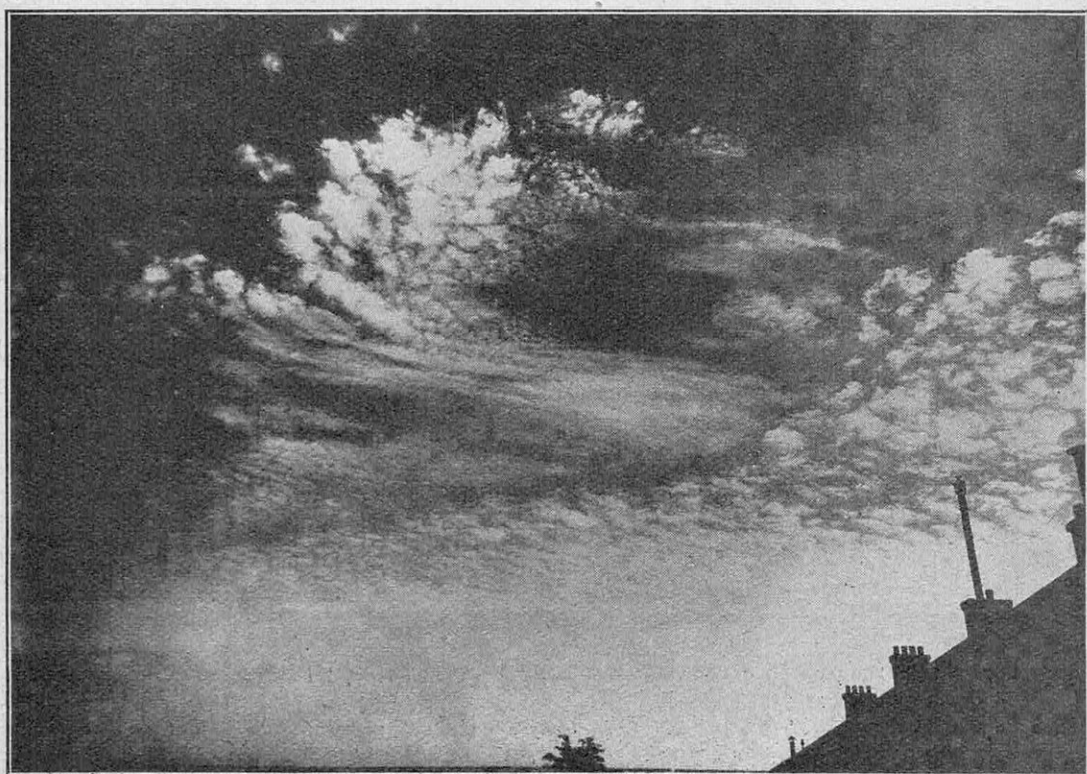
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 348.





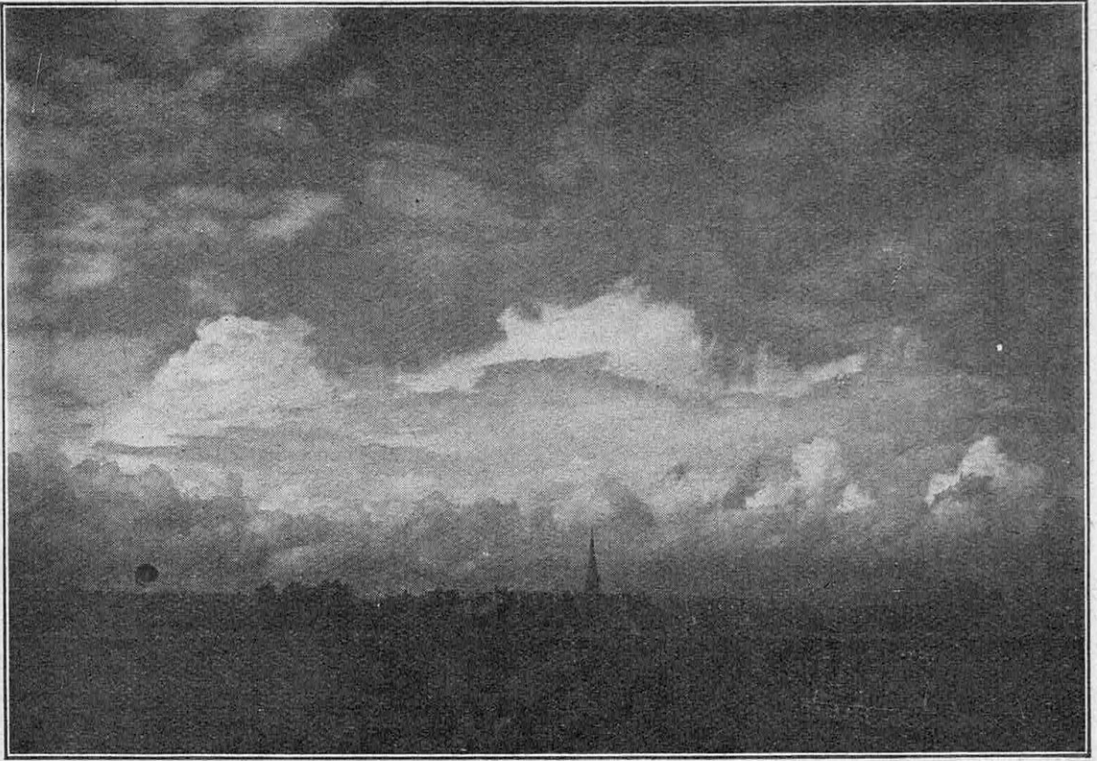
(Archives photographiques de l'O. N. M.)

FIG. 1. — CIRRUS FILAMENTEUX PRENANT NAISSANCE ENTRE 8 ET 10 KM D'ALTITUDE



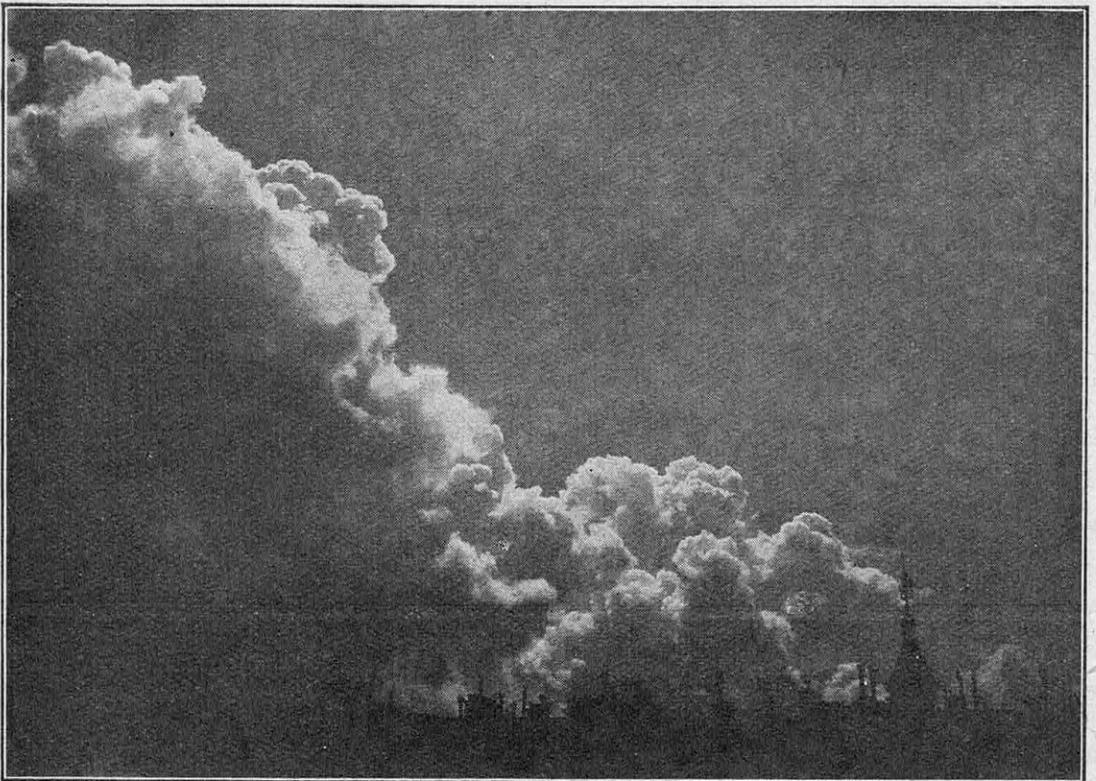
(Archives photographiques de l'O. N. M.)

FIG. 2. — CIRRUS MOUTONNÉS OU CIRRO-CUMULUS (AGGLOMÉRATION D'AIGUILLES DE GLACE)



(Archives photographiques de l'O. N. M.)

FIG. 3. — CUMULO-NIMBUS OU CIRRO-NIMBUS TURRIFORMES



(Archives photographiques de l'O. N. M.)

FIG. 4. — CUMULO-NIMBUS ÉPANOUI EN FORME DE « CHOU-FLEUR » (CUMULUS CONGESTUS)



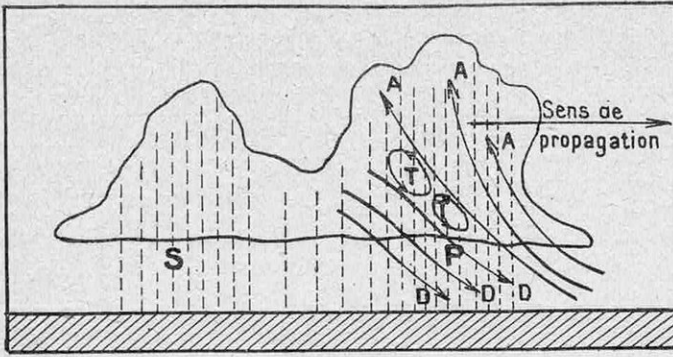


FIG. 5. — PRINCIPALES DIRECTIONS DES COURANTS D'AIR OBSERVÉS DANS UN CIRRO-NIMBUS

A, courants ascendants ; D, courants descendants ; T, tourbillons ; P, pluie primaire ; S, pluie secondaire.

Ainsi, en s'abaissant progressivement, et à travers ces étapes successives, la formation nuageuse aboutit au cirro-nimbus, qui est la véritable nuage orageux ; jamais il n'existe d'orage sans cirro-nimbus, ni en dehors de lui ; c'est dans sa masse sombre, suspendue dans l'air, que se fabrique le redoutable météore. Il présente d'ailleurs un aspect qui permet aisément de le reconnaître : sa base se tient à une hauteur toujours supérieure à 1 000 mètres, et ordinairement comprise entre 1 500 et 2 000, tandis que son sommet s'élève fréquemment à 6 000, 7 000 m et même davantage, se terminant tantôt par des formations en forme de tours (fig. 3), tantôt par une sorte d'inflorescence (fig. 4), ou d'épanouissement, qui lui ont valu le nom de « nuage en chou-fleur » sous lesquels les météorologistes anglo-saxons le désignent fréquemment ; ces deux aspects prouvent d'ailleurs l'existence des courants d'air ascendants, qui projettent vers le haut la matière nuageuse.

En effet, le cirro-nimbus est le siège de courants qu'on a pu étudier à l'aide de ballons-sondes et en avion. La figure 5 indique leurs principales directions : au centre et en avant, ces courants sont ascendants ; l'air chaud et humide, cueilli à la surface du sol ou de la mer, s'élève et se refroidit d'une manière « adiabatique », c'est-à-dire à chaleur constante ; le taux de ce refroidissement, dans les conditions initiales ordinaires, est voisin d'un degré par 100 m d'élévation. Mais l'allure du phénomène change à partir du moment où l'air atteint la saturation, ou point de rosée ; comme la présence constante des ions empêche qu'il s'établisse une sursaturation notable, la vapeur se condense alors en libérant une certaine quantité de chaleur (510 calories

par gramme), qui réduit d'autant le refroidissement de l'air ; on peut donc admettre, comme valeur moyenne, que le refroidissement ne se produit plus qu'à l'allure de 0°5 par 100 m. Les choses continuent ainsi jusqu'au moment où, la température de cet air étant devenue inférieure à 0°, la vapeur se condense, non plus à l'état liquide, mais sous forme de particules glacées ; la congélation de l'eau dégage alors un nouvel apport de chaleur (80 calories par gramme), mais comme, en revanche, l'atmosphère est devenue presque sèche, cette condensation porte sur des

masses de vapeur insignifiantes, et finalement la décreue des températures se produit de nouveau au régime de l'air sec, soit un degré par 100 mètres.

Dès à présent, on peut conclure de là que les gouttelettes liquides condensées dans ce courant ascendant auront le temps de s'agglomérer en gouttes plus grosses, c'est-à-dire de se transformer en pluie. Lénard a mesuré, et nous représentons, sur la courbe de la figure 6, la vitesse-limite de chute des gouttes, suivant leur diamètre, dans l'air au repos ; par exemple, pour des gouttes ayant 3 mm de diamètre, cette vitesse-limite est voisine de 7 m par seconde. Il résulte de là qu'inversement, dans un courant d'air ascendant de 7 m par seconde, les gouttes resteront suspendues sans tomber ; or, les mesures faites au centre du courant ascendant dans le nuage orageux ont donné fréquemment des vitesses verticales supérieures à 10 m par seconde, c'est-à-dire suffisantes pour soutenir les plus larges gouttes.

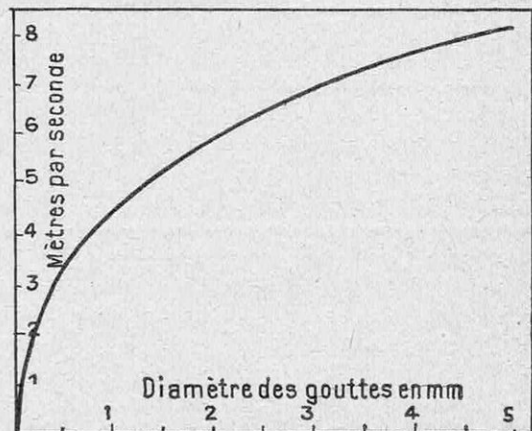


FIG. 6. — VITESSE-LIMITE DE CHUTE DE GOUTTES D'EAU DANS L'AIR SELON LEUR DIAMÈTRE

Le vent ascendant, qui agit au centre et à l'avant du nuage, est suivi, à l'arrière, par un vent descendant ; et, naturellement, le conflit de ces deux courants inverses donne naissance à des tourbillons. Enfin, il arrive fréquemment, comme le montre la figure 5, que la partie active du nuage soit suivie par un nuage secondaire, à l'intérieur duquel les courants aériens sont faibles, mais dont la condensation produit une *pluie secondaire*, fréquemment observée après que l'orage principal s'est éteint.

Enfin, l'orage lui-même se déplace, parce que le nuage qui l'engendre est entraîné par le vent général ; ce vent dépend lui-même des conditions barométriques ; mais il est inexact de dire, comme on le fait parfois, que l'orage soit lié au passage d'une dépression ; cette concordance ne se produit qu'au cours des orages d'hiver, qui accompagnent la tempête et se produisent ordinairement lorsque le vent passe du sud-ouest au nord-ouest. Mais les orages d'été peuvent se produire aussi bien avant, pendant ou après le passage d'une dépression, et même en l'absence de toute dépression voisine. C'est donc uniquement par l'observation des successions nuageuses qu'on peut pronostiquer un orage ; mais, alors, cette prédiction peut se faire un ou deux jours à l'avance.

Quant à sa progression, elle dépend de la direction des vents dominants dans la région, et ces vents de surface sont eux-mêmes en relation avec la configuration générale du sol. De là résulte que certaines régions sont plus fréquemment frappées que d'autres ; les compagnies d'assurances contre la grêle ont établi à ce sujet des statistiques édifiantes, et tout le monde connaît l'intelligente énergie avec laquelle les viticulteurs du Beaujolais défendent leurs vignes contre un fléau qui les menace trop fréquemment.

Ainsi, le nuage orageux progresse en se vidant peu à peu de sa substance ; c'est pour cela que la trajectoire d'un orage déterminé est, en général, assez courte ; elle s'arrête au bout de quelques dizaines de kilomètres,

sauf lorsque l'orage est lié à une dépression barométrique ; en revanche, il existe des situations météorologiques favorables à la création d'un « nid d'orages », où plusieurs centres actifs peuvent naître simultanément ou successivement.

### L'orage, phénomène électrique

Aussitôt après que Dalibard, de Romas, Buffon et Franklin eurent établi que les nuages orageux étaient électrisés, le tonnerre et les éclairs prirent la première place dans les préoccupations des météorologistes ; aujourd'hui encore, bien que tout le monde s'accorde à ne voir dans la foudre qu'un effet de l'orage, et non un phénomène primi-

tif, on continue, pour des raisons de commodité, à définir la durée d'un orage par celle du temps où on entend le bruit du tonnerre.

Il y a cent ans, Arago classait les phénomènes alors connus dans sa fameuse notice sur le tonnerre, modèle admira-

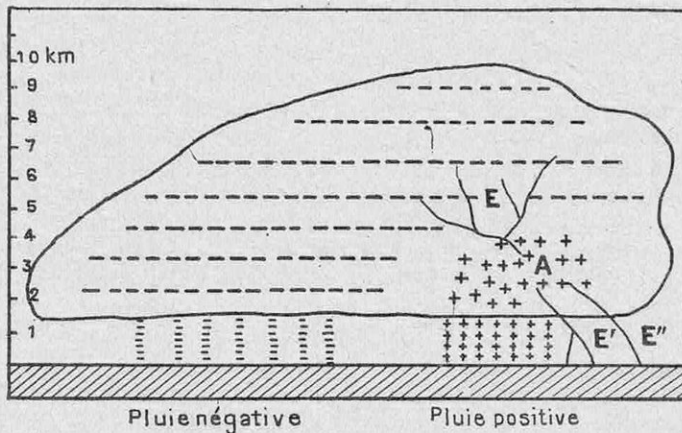


FIG. 7. — L'ÉLECTRICITÉ ORAGEUSE, D'APRÈS G. SIMPSON

ble de lucidité, et on reste étonné, en le relisant après un siècle de progrès scientifiques, de constater combien il y a peu à en retrancher, et même à y ajouter. Mais Arago ne s'était pas soucié de rechercher l'origine de l'électricité orageuse, et il avait sagement agi, car il fallait que le laboratoire eût complété ses moyens d'information ; on ne connaissait alors que deux procédés d'électrisation, le frottement et l'influence ; on ignorait les ions et, a fortiori, les électrons, l'action de la lumière ultraviolette, le mécanisme de la décharge électrique ; en particulier, on ne savait rien de l'« effet Lenard », auquel on a attribué un rôle important dans la genèse de l'électricité orageuse : il consiste en ce que, lorsqu'une goutte d'eau se brise en tombant ou en se heurtant contre un courant d'air, le liquide se charge positivement, tandis que l'air ambiant prend une électrisation négative.

Ainsi, le problème de l'électricité orageuse ne commença à être étudié scientifiquement qu'à partir de 1908 : les expériences de C.-T.-R. Wilson avaient montré que, dans un air chargé d'ions des deux signes, la



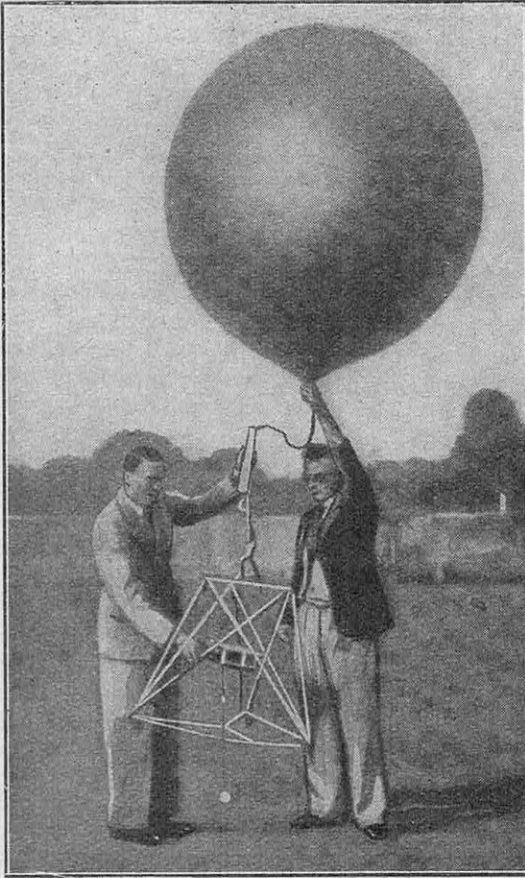


FIG. 8. — LANCEMENT D'UN BALLON-SONDE EMPORTANT UN ALTIÉLECTROGRAPHE QUI ENREGISTRE LE GRADIENT DE POTENTIEL, LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE AU SEIN DES NUAGES ORAGEUX

vapeur d'eau liquéfiée par détente se déposait d'abord sur les ions négatifs ; et le physicien Gerdien, de Göttingue, appliquant ces règles à l'atmosphère, crut pouvoir conclure que les gouttes de pluie orageuse, formées autour des ions négatifs, devaient être chargées négativement et entraînées vers le sol, dont elles entretenaient l'électrisation négative ; au contraire, le courant d'air ascendant entraînait les ions positifs à la partie supérieure du nuage, où ils servaient de centres de condensation à une nouvelle quantité de vapeur ; ainsi le nuage devait être électrisé positivement vers le haut, tandis que sa partie inférieure ainsi que la pluie qui en tombait, prenaient des charges négatives. Malheureusement pour cette théorie, les expériences effectuées par Baldit au Puy-en-Velay, par Mac Clelland, à Dublin et par G. Simpson, à Simla, s'accordaient pour constater un excès notable d'électricité posi-

tive dans la pluie orageuse. Celles qui forment la série la plus complète furent exécutées par Simpson, dans le nord des Indes, à Simla, région où les orages sont très fréquents ; et le savant anglais eut le mérite d'en déduire une explication qui fut acceptée par la plupart des météorologistes. Les appareils établis par Simpson enregistraient automatiquement les charges électriques (avec leur signe) apportées par la pluie, la neige ou la grêle, le volume d'eau correspondant, le nombre des éclairs et le gradient de potentiel atmosphérique au voisinage du sol. D'après les données ainsi obtenues, Simpson crut pouvoir expliquer la production de l'électricité orageuse par l'effet Lenard : cette production serait localisée dans la région où un courant d'air ascendant provoque la rupture des gouttes de pluie ; les propres expériences de Simpson, confirmées par Nolan, établissent d'ailleurs que ce phénomène est largement suffisant pour donner naissance aux charges électriques mesurées. Dans ces conditions, on aboutit à la représentation donnée par la figure 7 ; les gouttes liquides brisées par le vent entraînent avec elles des charges positives, qui s'accumulent dans la région A, tandis que le reste du nuage recueille l'électricité négative, qui donnera peu à peu son signe aux petites gouttelettes liquides formées dans le nuage ; ainsi il se produira, en avant, une forte pluie électrisée positivement, tandis qu'à l'arrière du nuage, on peut recueillir une pluie négative, mais moins violente et en moindre quantité. Enfin, des éclairs peuvent jaillir, soit en E à l'intérieur du nuage, soit en E' et E'', entre la

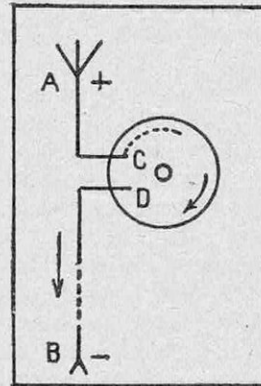


FIG. 9. — SCHEMA DE L'ALTIÉLECTROGRAPHE A, prise supérieure ; B, fil métallique ; selon la polarité de A et de B, la tache produite sur le disque O se situe en C ou en D.

partie positive du nuage et le sol, électrisé négativement.

Pourtant, cette théorie séduisante est aujourd'hui périmée ; et, chose remarquable, c'est son auteur lui-même qui en a établi l'insuffisance. De retour en Angleterre, Simpson a institué depuis 1934, avec la collaboration de Scrase, une série méthodique d'observations, effectuées à l'Institut Météorologique de Kew. Leur originalité consiste à aller cher-

cher les renseignements à l'intérieur du nuage orageux lui-même, à l'aide de ballons-sondes emportant un appareil enregistreur spécialement établi, que les auteurs désignent sous le nom d'*altiélectrographe*. Cet appareil (fig. 9) comporte un mouvement d'horlogerie actionnant deux disques, sur l'un desquels un baromètre et un hygromètre inscrivent la pression et l'humidité, tandis que l'autre inscrit, au cours de l'ascension, le gradient de potentiel par un dispositif original et simple : à cet effet, il porte un papier sensible au ferrocyanure qui indique, par une marque au bleu de Prusse, le sens du courant qui s'écoule entre la prise supérieure *A* et l'extrémité inférieure *B* d'un fil métallique traînant sous le ballon à une vingtaine de mètres ; si *A* est positif par rapport à *B*, le courant laisse une trace bleue en *C*, qui forme l'anode ; la marque sera en *D*, si *B* est positif par rapport à *A* ; et, d'après la largeur du sillon coloré, on

peut apprécier l'intensité du courant qui l'a produit, c'est-à-dire la différence de potentiel entre *A* et *B*.

J'ajouterai que l'*altiélectrographe*, avec son armature protectrice en bambou, son parachute et l'appareil de déclenchement automatique, ne pèse que 650 g et que tout cet ensemble est enlevé par un ballon gonflé à l'hydrogène (fig. 8), du diamètre initial de 1 m 50 ; sa force ascensionnelle initiale de 1 800 g lui imprime alors une vitesse verticale de 5 m par seconde ; un sondage jusqu'à 8 000 m dure alors un peu plus d'une heure.

Avec cet appareil, Simpson et Scrase ont effectué, depuis 1934, plus de quatre-vingts sondages, dont la moitié seulement a fourni des diagrammes utilisables ; c'est trop peu pour permettre de formuler des conclusions définitives, s'il en est jamais en de tels problèmes ; mais c'est déjà suffisant pour montrer que les théories précédentes doivent être sérieusement amendées.

Je citerai, en exemple, le cas d'un orage qui dura plus de deux heures, le 25 juin 1935, et au cours duquel six sondages furent effec-

tués avec succès ; leurs principaux résultats sont indiqués sur la figure 10 ; les limites supérieures du nuage ont été figurées en traits discontinus, parce qu'elles dépassaient les 8 km atteints par les sondages. Pour le reste, on voit que le nuage semblait divisé en deux régions, dont la supérieure était électrisée positivement, tandis qu'en bas se trouvaient les charges négatives ; quant au sol, il reste négatif pendant presque toute la durée de l'orage, ce qui est, comme on sait, son état électrique ordinaire.

Ces résultats sont opposés à ce qu'on pouvait prévoir d'après la théorie primitive de Simpson ; ils s'accordent, au contraire, avec l'explication proposée par Gerdien ; mais il est d'autres cas où le nuage orageux a paru porter une charge négative intercalée entre deux couches positives situées en haut et en bas ; tout ceci nous prouve que l'explication est encore à trouver, en admettant qu'une seule théorie soit valable dans

tous les cas. Mais l'orage du 25 juin 1935 peut encore nous suggérer une remarque importante : la partie supérieure du nuage se trouvait à des altitudes supérieures à 5 km, où la température était très probablement inférieure à  $-10^{\circ}\text{C}$ . Alors on n'arrive pas à concevoir comment des gouttes d'eau auraient pu se briser et s'électriser, tout en restant liquides et surfondues à pareille température ; les charges électriques engendrées dans cette haute région ne sauraient donc s'expliquer par l'effet Lenard ; il y a autre chose, et l'eau solide doit jouer, dans cette affaire, un rôle encore mal connu. D'ailleurs, il ne faut pas oublier que, dans l'opinion de météorologistes très avertis, comme MM. Gabriel Guibert et Dauzère, toute pluie d'orage a existé, en altitude, sous forme solide ; elle a fondu en tombant. S'il en est ainsi, on comprend que les recherches sur l'électricité orageuse ont besoin de s'engager dans une direction nouvelle.

### La grêle

La chute de grêle est une des caractéristiques de l'orage, et ce n'est pas la plus facile

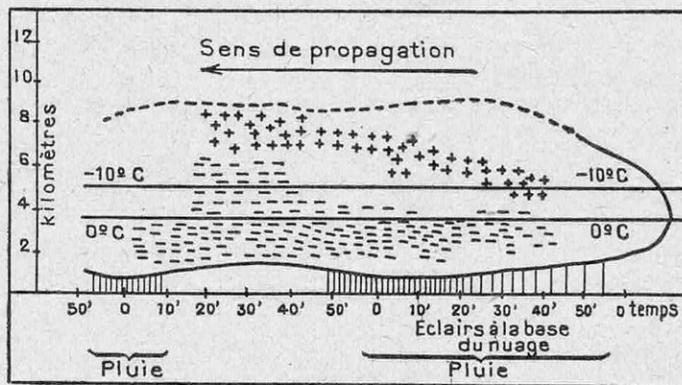


FIG. 10. — RÉSULTATS DES SONDES EFFECTUÉS AU COURS D'UN ORAGE PAR SIMPSON ET SCRASE



à expliquer. Tant qu'on n'aura pas pu étudier sur place la formation des grêlons, il n'est d'autre ressource que de recueillir ceux qui tombent sur le sol, et de deviner leur genèse d'après leur structure. A ce point de vue, les échantillons recueillis, dont la figure 11 nous présente quelques types, montrent une extrême variété de texture et de grosseur ; on y observe des formations cristallines, qui ont requis un séjour prolongé dans un milieu peu agité ; on cite des grêlons d'un poids impressionnant, dépassant parfois 1 kg ; mais ces dimensions exceptionnelles s'expliquent par les propriétés plastiques de la glace, qui s'agglutine aisément à elle-même, surtout lorsque l'eau surfondu sert de ciment entre ses divers éléments. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'expliquer comment des blocs de glace d'un poids aussi élevé auraient pu se soutenir dans l'air, puisque leur congélation a dû se produire au cours de leur chute.

D'ailleurs, faisant abstraction des cas exceptionnels, le grêlon normal est une masse arrondie, dont les dimensions dépassent rarement celles d'une noisette, et dont la structure interne est tout à fait caractéristique : on y reconnaît, au centre, un noyau de grésil, c'est-à-dire une goutte d'eau congelée brusquement et rendue opaque par le dégagement de l'air dissous ; autour de ce centre se superposent des couches de glace alternativement opaques et transparentes, ces dernières présentant souvent une structure cristalline : d'où on peut conclure que le grain de grésil initial a été transporté dans des masses d'air humide de constitutions différentes, dont chacune a enrobé d'une nouvelle couche le grêlon déjà formé. A ce sujet, les études récentes sur le givrage des avions ont établi

un fait intéressant : c'est que le dépôt de glace opaque se produit en général dans un nuage formé de fines gouttelettes surfondues, qui se coagulent instantanément sans avoir le temps de s'unir en une masse homogène translucide ; au contraire, des gouttes plus larges s'étalent comme un vernis et produisent un dépôt transparent ; il est probable que le givrage d'un grêlon n'obéit pas à d'autres règles que celui d'un avion.

Enfin, tous les météorologistes s'accordent aujourd'hui pour

mettre hors de cause, dans les déplacements formateurs du grêlon, des forces électriques, jadis utilisées par Volta dans la fameuse expérience de la « grêle électrique » ; on supposait alors que le grêlon électrisé effectuait un va-et-vient entre deux nuages chargés d'électricités contraires ; or, toutes les évaluations raisonnables qu'on a pu faire ont montré que les forces électriques sont absolument incapables de maintenir en l'air un grêlon de dimension ordinaire ; au contraire, un vent vertical de 8 à 10 m par seconde y suffit largement, d'après ce que nous avons vu plus haut, et aussi d'après la formule de Stokes, qui règle la

chute d'un corps sphérique dans un milieu de densité et de viscosité connues.

Il ne reste pas moins que le rôle de l'eau solide dans le nuage orageux est encore mal défini ; c'est de ce côté-là surtout qu'il conviendra de diriger les recherches ; et une meilleure connaissance des phénomènes de l'orage ne présente pas seulement un intérêt théorique, car on peut espérer qu'elle nous aidera à nous défendre contre la foudre et la grêle, deux fléaux qui n'ont pas cessé d'être redoutables, en dépit de ce qu'on a pu faire pour s'en délivrer.

L. HOULLEVIGUE.

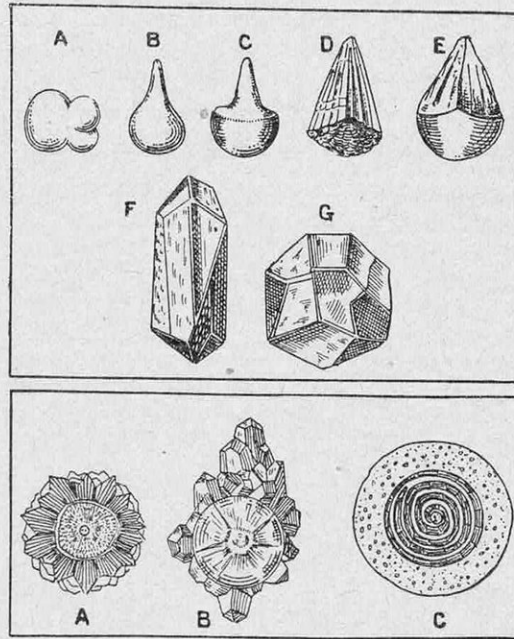


FIG. 11. — DIVERSES FORMES DE GRÊLONS  
*En haut* : A, sphériques soudés ; B, C, poires ; D, pyramides ; E, cônes ; F et G, géométriques.  
*En bas* : A et B, coupe de grêlons montrant le noyau et la structure cristalline de l'enveloppe ; C, coupe montrant autour du noyau des séries de couches de glace transparente.

# LES VITAMINES ET L'ENRICHISSEMENT DES ALIMENTS EN VITAMINES

Par M<sup>me</sup> Lucie RANDOIN

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ — DOCTEUR ÈS SCIENCES

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES

*L'alimentation des peuples civilisés, composée en grande partie de produits purifiés, ayant subi de nombreux traitements industriels destinés à flatter le goût du consommateur, est très loin d'être rationnelle, ce qui n'est pas sans présenter des inconvénients sérieux. Il ne suffit pas, en effet, de fournir à l'organisme humain une ration suffisante d'aliments énergétiques (pour produire de la chaleur et du travail) et d'aliments d'entretien (pour compenser l'usure des tissus). Certaines substances, les vitamines (1), dont quelques-unes ont pu être isolées et même préparées synthétiquement, lui sont indispensables, bien qu'en quantité infinitésimale, sinon des troubles de carence extrêmement graves peuvent apparaître. A côté des aliments naturellement riches en vitamines (les huiles de foie de morue et de flétan, par exemple, les citrons, etc.), l'industrie alimentaire sait fabriquer aujourd'hui toute une gamme de produits « améliorés » par vitamini- sation naturelle (traitement des volailles et des bovins pour obtenir des œufs et du lait vita- minés) ou artificielle (irradiation des aliments, addition directe de vitamines). Cependant il ne faut pas oublier que les vitamines, produits chimiques dont l'action physiologique n'est pas encore entièrement élucidée, ne doivent pas être absorbées au hasard, car, en proportion excessive dans nos aliments, elles peuvent être fort nuisibles et provoquer, à longue échéance, des troubles graves. Un contrôle scientifique et sévère des vitamini- sations artificielles s'impose.*

**D**EPUIS environ un quart de siècle, les sciences relatives à la nutrition ont fait des progrès considérables, qui ont tellement bouleversé les conceptions admises au début de ce siècle qu'une mise au point est devenue nécessaire pour éviter, dans l'application pratique, de nouvelles erreurs ou des excès préjudiciables à la santé. Il en est ainsi, notamment, pour la mise en pratique des notions scientifiques relatives aux vitamines.

On sait que les vitamines actuellement connues sont des substances organiques que les espèces animales ne peuvent, sauf de rares exceptions, élaborer elles-mêmes, substances qui, à des doses très minimes, sont indispensables à la santé, à la croissance, à l'entretien, à la reproduction, en général à la vie même des animaux (2).

L'absence de ces substances dans la ration détermine des troubles et des lésions caractéristiques : symptômes de *scorbut* (hémorragies, tuméfaction des articulations) en l'absence de vitamine hydrosoluble *C* (3); symptômes de *polynévrite* (paralysies, atro-

phies, graves troubles nerveux) en l'absence de vitamine hydrosoluble *B*<sub>1</sub>; dénutrition, troubles cutanés généraux, en l'absence de vitamine hydrosoluble *B*<sub>2</sub>; troubles cutanés spéciaux (*pellagre*), en l'absence de vitamine hydrosoluble *P.P.* (*pellagra-préventive*); dénutrition, graves troubles oculaires (*xérophtalmie*) et altération des épithéliums des muqueuses, en l'absence de vitamine liposoluble *A*; symptômes de *rachitisme* et caries dentaires, en l'absence de vitamine *D*; *stérilité*, pour les deux sexes, en l'absence de vitamine liposoluble *E*, etc.

Après de très longues recherches, l'on a pu élucider la constitution chimique de ces diverses vitamines, qui, toutes, jouent un rôle important dans les phénomènes vitaux.

A l'heure actuelle, non seulement les vitamines peuvent être extraites des aliments naturels à un état de grande concentration ou à l'état pur, mais — fait bien plus remarquable encore — elles peuvent être obtenues sans avoir besoin de passer par la matière vivante pour être élaborées : le chimiste, dans son laboratoire, peut préparer lui-même la vitamine *C* (*acide ascorbique*), la vitamine *B*<sub>1</sub> (*aneurine*), la vitamine *B*<sub>2</sub> (*riboflavine*), la vitamine *P.P.* (*acide nicotinique*), la vitamine *A* (*auwématol*), et il peut aussi transformer des corps chi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 77.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 250, page 305.

(3) Les vitamines sont classées pratiquement en deux grands groupes : les vitamines *hydrosolubles*, ou solubles dans l'eau, et les vitamines *liposolubles*, ou solubles dans les graisses.



miques (certains stérols bien déterminés : *déhydro-7-8 cholestérol* et *ergostérol*) en vitamines *D* ou antirachitiques au moyen d'une irradiation ultraviolette convenable.

Pour se procurer les vitamines qui lui sont indispensables, l'homme peut donc s'adresser à deux sources bien distinctes :

D'un côté, la Science est devenue capable de lui offrir industriellement, non seulement des produits alimentaires purifiés doués d'une grande activité, non seulement des vitamines pures extraites des aliments naturels, mais encore des vitamines qu'elle fabrique de toutes pièces, et, par suite, le public, mal averti, peut être tenté d'abuser de ces substances actives qui, présentes alors en trop fortes proportions dans les rations, risquent de devenir dangereuses pour la santé.

D'un autre côté, la Nature continue d'offrir à l'homme des vitamines, sous une forme très assimilable et en général très diluée, au sein des aliments naturels, mais ceux-ci n'étant que rarement ingérés à l'état cru, sans manipulations destructrices, la quantité de vitamines risque d'être insuffisante, surtout si le choix des constituants de la ration est laissé au hasard.

Il est malheureusement exact que, dans l'état actuel de notre civilisation, un grand nombre d'individus (beaucoup d'enfants, de femmes enceintes, de femmes qui allaitent, d'indigents) ne reçoivent pas, chaque jour, les quantités de vitamines qui leur sont nécessaires.

Il faut savoir que les vitamines sont très inégalement réparties dans les produits naturels, de telle sorte que certains aliments ou certaines parties d'aliments n'en renferment pas trace. De plus, plusieurs vitamines (notamment les vitamines *C*, *B<sub>1</sub>*, *A*) sont particulièrement fragiles, et peuvent disparaître en partie ou en totalité, avec le temps ou par suite du mode de cuisson. Enfin, les industries alimentaires de naguère sont, en grande partie, responsables de l'élimination ou de la destruction soit partielle, soit totale, des vitamines, ainsi d'ailleurs que de divers éléments minéraux. Afin de conserver les aliments et de les présenter sous un volume aussi réduit que possible, agréables à la vue et à l'odorat des consommateurs, on a enlevé ou détruit les parties qui semblaient inutiles, impures ou nuisibles ; on a désodorisé, décoloré, chauffé. Sur des fragments de végétaux ou d'animaux qui constituent les aliments usuels, on a donc pratiqué les opérations industrielles les plus diverses : culture intensive

de produits très nutritifs sous un faible volume ; conservation par dessiccation, concentration, salaison, fumaison, etc. ; décortication, blutage, même polissage des grains ; transformation des farines brutes en pains blancs, en galettes fines, en pâtes alimentaires ; préparation de boissons fermentées ; transformation des jus de betterave et de canne en saccharose pure ; fabrication de sucreries, de chocolats ; conservation des laits et des beurres ; conservation des viandes et des légumes par cuisson, stérilisation, etc., etc.

De toute évidence, de nombreuses pratiques industrielles ont eu, comme résultats défavorables, l'élimination ou la destruction d'une ou de plusieurs vitamines dans les aliments les plus couramment utilisés.

En résumé, les faits de divers ordres prouvant l'importance considérable des vitamines dans le développement des organismes et le fonctionnement vital ont montré en même temps que beaucoup de ces opérations industrielles devaient être réformées, adaptées, corrigées, surtout en ce qui concerne la préparation d'aliments pour les enfants.

### La vitaminisation naturelle des aliments

La manière la plus logique, la plus naturelle d'obtenir des produits renfermant beaucoup de vitamines, c'est — après avoir choisi des espèces produisant naturellement celles-ci en quantités relativement fortes — de connaître les conditions de croissance, de nourriture et de genre de vie de ces espèces qui favorisent l'enrichissement en vitamines afin d'agir sur le producteur en réclamant des produits alimentaires obtenus à une époque déterminée (été, par exemple), et dans les conditions les plus favorables (nature du sol, engrais, etc.).

On sait que les vitamines peuvent, jusqu'à une certaine limite, se mettre en réserve dans les organismes. Un animal carnivore fera d'importantes accumulations de vitamines dans ses organes (foie, rein, cervelle, etc.) s'il consomme des tissus d'animaux herbivores qui, eux-mêmes, se sont nourris de végétaux ayant poussé en plein air, au soleil, dans un sol riche où ils ont pu élaborer de grandes quantités de vitamines, mises en réserve dans leurs feuilles, leurs tiges, leurs fruits, leurs graines, etc.

Le problème de la « vitaminisation naturelle » des aliments doit, évidemment, être complété par celui qui consiste à déterminer comment il est possible de conserver au

maximum, dans chaque substance alimentaire vitaminée, les principes les plus précieux, en choisissant, entre toutes, les manipulations les moins agissantes, les conditions les moins destructives, c'est-à-dire en tenant compte des données acquises sur leur préservation et sur leur destruction possible.

### La vitaminisation indirecte des aliments

Ce fait essentiel qu'un produit alimentaire n'est riche en vitamines que si l'organisme

fortement les aliments des vaches et des poules. Par exemple, les vaches peuvent recevoir, en supplément de leur nourriture habituelle, des quantités relativement grandes d'huile de foie de morue (très riche en vitamines *A* et *D*), de levure (très riche en vitamines *B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub> et *P. P.*), ou de levure ayant été soumise à une irradiation ultraviolette (levure devenue, de plus, très riche en vitamine *D*). En faisant ingérer à la vache des levures irradiées, on obtient ce

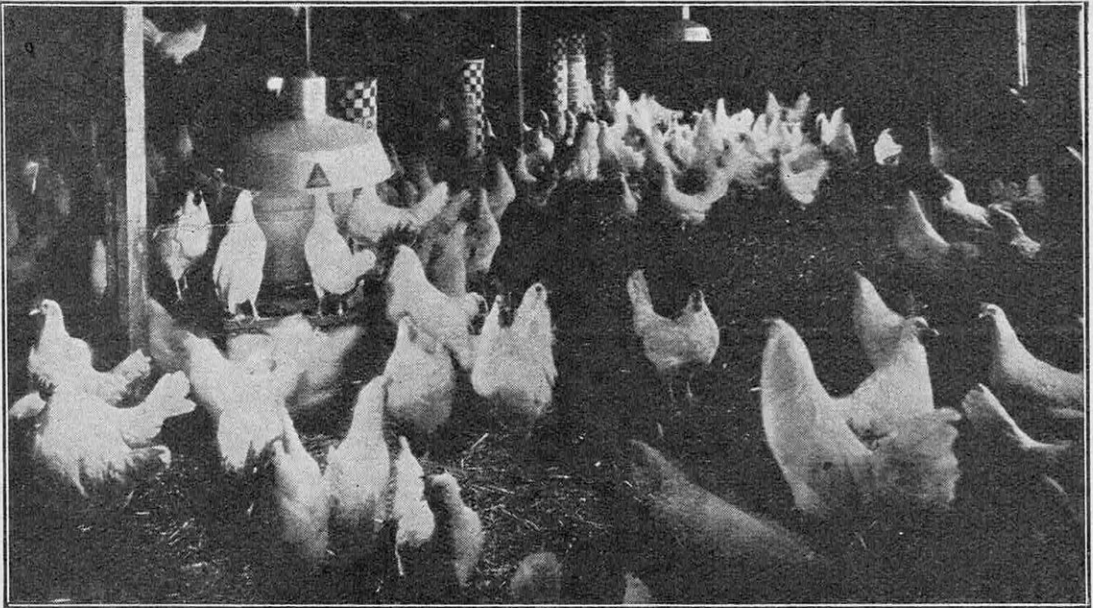


FIG. 1. — ÉLEVAGE DES POULES SOUS DES LAMPES PRODUCTRICES DE RAYONS ULTRAVIOLETS

*Ce procédé a pour but d'obtenir l'enrichissement des œufs en vitamine D. L'irradiation transforme les stérols inactifs (provitamines D) présents sous la peau en vitamine D antirachitique qui se retrouve dans les œufs. Un processus d'activation analogue explique l'action antirachitique que peuvent avoir les bains de soleil, le rayonnement ultraviolet de la lumière solaire activant les stérols contenus dans les tissus périphériques de l'organisme humain.*

qui l'a fabriqué a eu lui-même à sa disposition des aliments très riches en vitamines, ce fait général a été prouvé maintes fois et par de nombreux expérimentateurs. A ce point de vue, il était fort naturel d'étudier le lait, aliment exclusif des nouveau-nés, avec un soin tout particulier. Et l'on constata, en effet, qu'un lait (ou un beurre) est toujours riche en vitamines (notamment en vitamines *A* et *D*) si la nourriture de la vache qui a produit le lait contient régulièrement d'importantes quantités de ces vitamines. L'on vérifia aussi qu'il en était de même pour les œufs. L'idée d'obliger la nature à opérer dans les meilleures conditions prit alors naissance. On imagina de forcer en quelque sorte la vitaminisation naturelle du lait et des œufs en vitaminisant

qu'on appelle des « laits à la levure », possédant un grand pouvoir antirachitique.

De même, les œufs peuvent devenir des aliments fortement antirachitiques lorsque les poules reçoivent chaque jour des aliments contenant beaucoup de vitamines *D*, ou des aliments irradiés.

L'éleveur, en agissant ainsi, opère donc artificiellement un enrichissement du lait ou des œufs en vitamines, mais il agit par l'intermédiaire de la vache ou de la poule. Il s'agit donc bien là d'une *vitaminisation indirecte* de ces deux aliments.

C'est une opération de même ordre que pratique le médecin en faisant absorber à des femmes qui vont allaiter ou qui allaitent, des produits pharmaceutiques à base de vitamines pures ou des produits naturels (huile



de foie de morue ou de flétan, germe de blé, extrait de malt, etc.), exceptionnellement riches en vitamines.

Nous devons ajouter qu'il est encore possible d'obtenir indirectement un enrichissement en vitamines *D* du lait ou des œufs en soumettant les animaux à une irradiation ultraviolette ou en les exposant à la lumière solaire, ce qui a comme effet de transformer en vitamines *D* ou antirachitiques les stérols inactifs (provitamines *D*), présents dans leurs parties périphériques.

### La vitaminisation directe des aliments

La vitaminisation directe des aliments est le procédé le plus brutal pour enrichir les aliments en vitamines. Cette opération consiste : soit à incorporer des vitamines aux aliments qui n'en possèdent pas à l'état naturel ; soit à *revitaminiser* artificiellement les produits nutritifs qui ont été *dévitaminisés* par les procédés industriels en usage dans les nations civilisées. Dans ce dernier cas, le souci de se procurer, comme matières premières, des substances déjà riches en vitamines passe au second plan, la vitaminisation ayant lieu à la fin de la série des traitements subis par l'aliment. L'homme civilisé obéit ici à la tendance qui le pousse sans cesse à se rendre aussi indépendant que possible des travaux et des caprices de la nature.

La vitaminisation directe peut se faire : soit par l'*addition* d'une provitamine (1), ou d'une ou de plusieurs vitamines aux aliments ; soit par une *transformation* « *in situ* » d'une provitamine en vitamine, ce qui est le cas pour la transformation au moyen d'une action photochimique (rayons ultraviolets) des provitamines *D* contenues dans les aliments, l'ergostérol se transformant en vitamine antirachitique *D*<sub>2</sub>, le déhydro-7-8 cholestérol se transformant en vitamine antirachitique *D*<sub>3</sub>.

### Addition d'une provitamine ou de plusieurs vitamines

Il est une provitamine abondamment répandue dans la nature : c'est le *carotène* ou provitamine *A*, substance d'un jaune-rouge, qui existe principalement dans les racines et les fruits jaunes, le maïs jaune, dans les parties vertes des plantes, etc. Introduit avec l'alimentation dans les organismes animaux, le carotène s'y transforme en *vitamine liposoluble A*, laquelle se met en réserve dans différents organes,

(1) On désigne sous le nom de provitamines des corps qui, ne présentant eux-mêmes aucune des propriétés physiologiques des vitamines, sont transfor-

notamment dans le foie et dans le rein.

La vitamine liposoluble *A* existe en abondance dans les huiles provenant du foie de certains poissons ; on en trouve dans le foie, le jaune d'œuf, le rein, dans le lait et le beurre d'été. Le carotène existe en quantités importantes dans le persil, l'épinard, la laitue verte, la carotte, l'abricot, la pêche, la prune, et aussi dans le beurre. Mais le beurre d'hiver renferme beaucoup moins de vitamine *A* et de carotène que le beurre d'été ; la margarine, ainsi que la plupart des huiles végétales, ne renferme que peu ou point de vitamine *A* ou de carotène. On a donc pensé à ajouter du carotène à du beurre d'hiver, à des margarines, à des huiles végétales. Mais cette addition a l'inconvénient de déterminer une coloration anormale rouge sombre. De plus, le carotène est un corps relativement instable qui, pour se conserver intact, a besoin de la présence de substances antioxydantes (1). Faut-il donc décolorer d'abord le beurre, la margarine, ou l'huile pour que la coloration finale ne soit pas trop accentuée, et ensuite ajouter, avec le carotène, une petite quantité de substance antioxydante, d'hydroquinone, par exemple ? On voit qu'il importe de prendre certaines précautions pour que la valeur physiologique de l'aliment ainsi artificiellement vitaminé ne soit pas amoindrie à la suite de ces divers traitements.

Il faut se demander également si l'organisme recevant ces matières grasses transforme bien en vitamine *A* tout ce carotène surajouté. Chez plusieurs espèces animales, on a observé que certains individus sont incapables d'effectuer cette transformation et qu'ils doivent, par conséquent, recevoir de la vitamine *A* toute préparée. Il serait donc plus rationnel d'ajouter aux aliments avitaminés ou hypovitaminés de la vitamine *A* proprement dite sous forme d'huile de foie de morue ou d'huile de foie de flétan ou de thon (la première renferme en moyenne 1 000 unités internationales de vitamine *A* par gramme, la seconde 70 000), ou d'extraits concentrés d'huile de foie de poissons, etc. Ce procédé a l'avantage d'enrichir en même temps les aliments en vitamine *D* : l'huile de foie de morue renferme en moyenne 150 unités internationales de vitamine *D* par gramme, et l'huile de foie de thon 30 000 ! (2). (La dose normale pour un

més par un traitement approprié (irradiation ultraviolette, par exemple) en vitamines.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 212, page 116.

(2) Voir : *Vues actuelles sur le Problème de l'Alimentation, avec Tables de composition des aliments*, par LUCIE RANDOIN, Hermann éditeur, 1937.

homme adulte a été fixée à 400 ou 500 unités internationales de vitamine *D* par jour, ce qui correspond à environ 3 g d'huile de foie de morue et à 0,015 g d'huile de foie de thon). C'est pour réaliser cette double vitamini-sation que, dans certaines villes d'Amérique, on ajoute, au lait destiné aux jeunes enfants, des extraits concentrés d'huile de foie de morue.

Les rations semi-artificielles données au bétail, rations qui sont à base de produits résiduaux de fabrications industrielles (pulpes, drèches, tourteaux, marcs, etc.) doivent être complétées par addition de produits vitaminés très concentrés, tels que levure de bière desséchée, huile de foie de morue, huile de germe de blé (riche en vitamines *E* et *A*), ergostérol irradié ou vitamine *D*<sub>2</sub> pure, etc.

Aux aliments de l'homme, on peut incorporer, non seulement les vitamines *A* et *D*, mais encore les vitamines hydrosolubles *C*, *B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub>, *P.P.*

et la vitamine liposoluble *E*, notamment sous forme d'aliments secs ou desséchés (légumes, farines entières), très riches en ces vitamines.

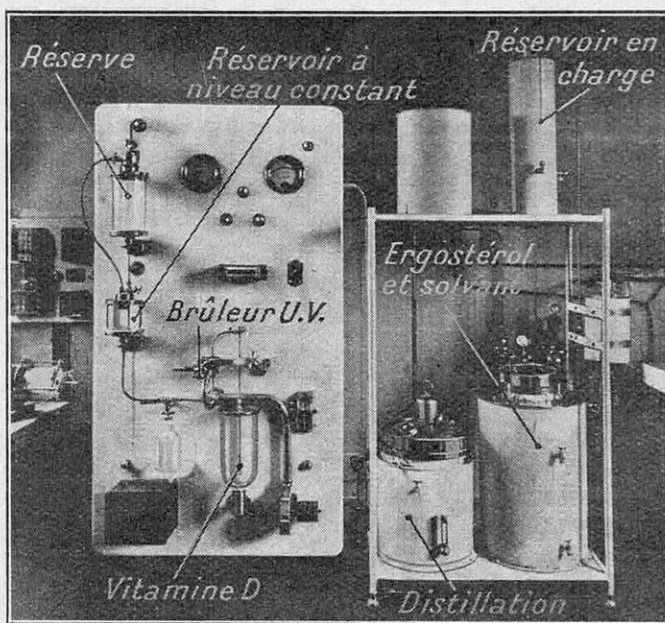
La grande fragilité de la vitamine *C* contenue dans les produits naturels a, pendant longtemps, empêché les industriels d'obtenir de bons résultats. Mais, en opérant avec certaines précautions, on parvient maintenant à enrichir divers aliments en vitamine antiscorbutique.

Quant à la question des farines, pains, galettes et bouillies de céréales, considérés comme base de l'alimentation d'un grand nombre de peuples, elle a fait l'objet de tant de publications et de tant de polémiques qu'il nous est impossible d'en parler longuement dans cette rapide vue d'ensemble.

C'est ici qu'il pourrait être piquant de

montrer comment, par des procédés compliqués, et par conséquent coûteux, on tente aujourd'hui péniblement de revitaminer les farines de céréales après les avoir soigneusement privées de la plus grande partie de leurs vitamines et de leurs substances minérales.

C'est ainsi qu'on a pensé à les additionner de levure de bière ou d'extraits concentrés de levure — qui en altèrent moins la saveur — d'extrait de malt, de germe de blé, de son, etc., de manière à obtenir des pains, farines, gâteaux vitaminisés.



(Laboratoires Tixier.)

FIG. 2. — APPAREIL POUR L'IRRADIATION DE L'ERGOSTÉROL PAR LES RAYONS ULTRAVIOLETS

### Transformation en vitamines « D », ou antirachitiques, par irradiation, de certains stérols contenus dans les aliments

Nous rappellerons que certains stérols non antirachitiques, contenus dans divers aliments végétaux ou animaux, se transforment, par irradiation, en substances antirachitiques, ces aliments ayant été ex-

posés aux rayons ultraviolets en minces couches solides ou liquides, dans des conditions strictement déterminées. L'ergostérol — qui existe notamment dans les levures — se transforme de la sorte en vitamine *D*<sub>2</sub>, désignée encore sous le nom de *calciférol*. Un autre stérol — nommé *déhydro-7-8 cholestérol* — contenu notamment dans divers produits animaux — se transforme de la même manière en vitamine *D*<sub>3</sub>, dont la constitution chimique est très voisine de celle de la vitamine *D*<sub>2</sub>. Les vitamines *D*<sub>2</sub> et *D*<sub>3</sub> se forment donc, sous l'action de certains rayons solaires, aux dépens de l'ergostérol et du déhydro-7-8 cholestérol qui jouent ainsi le rôle de *provitamines antirachitiques*, exactement comme le carotène joue le rôle de provitamine *A* vis-à-vis de la vitamine liposoluble *A*.



La vitamine antirachitique naturelle — celle qui est emmagasinée en si grandes quantités dans le foie de certains poissons — est la vitamine  $D_3$ . Elle a vraisemblablement pris naissance à l'origine par action de la lumière solaire sur les stérols contenus dans les microorganismes du plancton, lesquels ont servi de nourriture à ces poissons. Il faut savoir aussi que le pouvoir antirachitique de la vitamine  $D_3$  diffère parfois de celui de la vitamine  $D_2$ , vis-à-vis de certaines espèces animales. Par exemple, vis-à-vis des poussins, la vitamine naturelle des huiles de foie de poissons se montre vingt-cinq fois plus active que la vitamine  $D_2$  ou ergostérol irradié.

Imitant une fois de plus la nature, avec le désir de la surpasser, les savants, puis les industriels, ont soumis à une irradiation ultraviolette certains produits contenant des stérols peu ou point antirachitiques : des laits liquides, des laits desséchés, des mélanges lipoprotéiques, provenant du lait, du beurre, du lard, des huiles végétales, du chocolat, des farines, des pains, des pâtes alimentaires, de la levure de bière, de la matière cérébrale desséchée, certains légumes, etc., etc., en un mot tous les aliments qui sont supposés renfermer des *stérols activables*.

En divers pays, dans de grandes institutions de bienfaisance, et dans certaines villes d'Amérique, comme Boston, une irradiation de lait — de très courte durée — se pratique sur une grande échelle. On irradie aussi, mais d'une manière moins courante, différentes variétés de levures.

A l'heure actuelle, les techniques de vitaminisation artificielle par irradiation sont fort heureusement très perfectionnées. Mais on oublie encore trop souvent que ces procédés artificiels ne peuvent créer la vitamine antirachitique si la base activable — une provitamine  $D$  — fait défaut. Par exemple, les farines de céréales, les farines lactées, pauvres en stérols activables, ont nécessairement, après irradiation, des valeurs antirachitiques très variables qui dépendent non seulement des modalités d'irradiation, mais encore et surtout des différences énormes qu'elles présentent dans leurs teneurs respectives en provitamine  $D$  naturelle. Pour l'enrichissement en vitamine  $D$  de ces substances, il serait préférable, dans certains cas, d'ajouter simplement des quantités bien déterminées de substance antirachitique.

D'autre part, — surtout lorsque l'exposition aux rayons ultraviolets n'est pas de très

courte durée — l'irradiation agit, non seulement sur les stérols activables, mais encore évidemment sur chaque principe chimique présent dans l'aliment ainsi traité. Les glucides complexes sont hydrolysés ; les protides sont plus ou moins transformés, les graisses s'oxydent, deviennent visqueuses ; les diastases et les vitamines les plus altérables (surtout les vitamines  $C$  et  $A$ ) peuvent se détruire en partie. Il est possible que certaines de ces modifications constituent une sorte de prédigestion pouvant devenir utile, mais il convient de faire appel à la prudence si l'on songe que, par l'irradiation, — outre la perte possible de diastases et de vitamines  $A$  et  $C$ , — il se produit dans l'aliment des modifications chimiques et physico-chimiques dont l'importance et les suites lointaines n'ont pas encore été précisées.

### Les dangers de l'usage abusif des vitamines

Nous insistons sur le fait que, dans une ration, un équilibre convenable doit exister entre les quantités de tous les constituants, surtout entre les quantités présentes de vitamines et d'éléments minéraux. A la lumière de nos connaissances les plus récentes sur les vitamines, on sait que l'ensemble des vitamines de la ration alimentaire joue un rôle en quelque sorte *biorégulateur*, les uns (vitamine  $B$ , vitamine  $E$ ) ayant une action accélératrice sur le métabolisme, les autres (vitamine  $A$  notamment) ayant une action modératrice. On ne peut donc envisager l'action de l'une d'elles sans tenir compte de la présence et du rôle des autres. Et c'est seulement lorsque la ration est bien équilibrée — et équilibrée comme il convient pour chaque cas physiologique particulier (croissance, gestation, production de lait, etc.) qu'elle permet un excellent rendement, avec une parfaite santé. Notion primordiale, sur laquelle nous ne cessons d'attirer l'attention depuis une quinzaine d'années.

En ce qui concerne l'ingestion d'aliments vitaminés, nous affirmons donc, qu'en cela comme en toutes choses, il faut de la mesure.

En effet, d'une part, un déséquilibre vitaminique dû à l'ingestion permanente de fortes doses d'une ou de deux vitamines peut provoquer à la longue de sérieux troubles ; d'autre part, le pouvoir de l'organisme animal à maintenir les vitamines dans les organes où elles se mettent en réserve, n'est pas très élevé, et les animaux éliminent assez rapidement le superflu de vitamines.

A notre avis, c'est la vitaminisation naturelle des aliments, jointe à un choix judi-

cieux des constituants de la ration quotidienne, qui représente une sorte d'idéal en la matière. La vitaminisation artificielle, au moyen de produits très purifiés ou purs, ne devrait s'imposer que dans des circonstances exceptionnelles, ou dans des régions de productions trop uniformes, presque dépourvues naturellement de certaines vitamines, telles que les contrées d'Extrême-Nord où la vitamine C est rare, où le scorbut tend à exercer ses ravages.

La vitaminisation indirecte des aliments, qui se fait par l'intermédiaire d'un organisme vivant (vache, poule), ne peut nuire qu'à celui-ci, et il serait bien préférable, pour éviter tout inconvénient, qu'elle portât sur l'ensemble des vitamines. Considérée à un point de vue très général, cette vitaminisation indirecte se rattache très étroitement aux problèmes si intéressants de l'alimentation rationnelle du bétail.

Quant à la vitaminisation directe des aliments, elle exige, pour être appliquée judicieusement, beaucoup de prudence et aussi des connaissances approfondies sur les pertes de vitamines subies au cours des différents traitements industriels en usage, ainsi que sur les méthodes de préparation des extraits vitaminés ou des vitamines pures.

Dans certains cas, une telle vitaminisation très poussée peut présenter de réels dangers, car, cette fois, il s'agit d'une action *directe* sur le consommateur. L'usage constant et

excessif d'aliments artificiellement vitaminés détermine inévitablement, au bout d'un certain temps, des troubles d'hyper-vitaminose, de déséquilibre, de toxicité. Mais ces accidents peuvent se montrer particulièrement graves dans le cas de la vitamine D. Il ne faut pas oublier que cette vitamine antirachitique n'est précieuse qu'à certaines époques de la vie, et qu'elle n'agit, à doses infinitésimales, que vis-à-vis de processus pathologiques précis. Son pouvoir biologique et pharmacodynamique — très intense certainement — n'est pas encore bien connu ; il peut provoquer de lentes, progressives et tardives altérations de l'état chimique et physicochimique du sang ; il peut avoir, à lointaines échéances, de fâcheuses répercussions. Il est aisé de comprendre que ces considérations ont de l'importance, et sont même graves lorsqu'il s'agit de jeunes enfants. C'est donc le médecin qui doit conseiller et surveiller l'emploi de l'aliment ou du médicament irradiés.

Enfin, l'intérêt de la santé publique exigerait l'établissement d'un *contrôle sévère* non seulement de toutes les vitaminisations artificielles effectuées, mais encore de tous les aliments présentés aux consommateurs comme exceptionnellement riches en telle ou telle vitamine, avec l'indication explicite exprimée en *unités internationales* (par gramme ou par 100 g) de la teneur en vitamines.

LUCIE RANDOIN.

L'économie et la défense nationales exigent de plus en plus la mise en œuvre de toutes les sources de production d'énergie de la métropole ou des colonies. On sait que la France ne peut subvenir à ses besoins de charbon, même en temps de paix, et qu'elle est totalement dépourvue de pétrole. Certes, la houille blanche constitue pour nous une précieuse richesse, et il est possible que l'utilisation du « gaz des forêts » et la synthèse chimique nous permettent de nous affranchir un jour d'onéreuses importations de pétrole. Il est toutefois une source d'énergie intéressante, quoique moins importante, parce qu'immédiatement utilisable : ce sont les ordures ménagères considérées comme combustible. Il est évident que l'incinération des ordures ménagères ne peut s'appliquer à leur totalité. Leur abondance en un lieu donné doit être, en effet, suffisante pour justifier l'établissement d'une usine moderne, équipée de foyers spéciaux adaptés à un combustible aussi hétérogène, capable de récupérer le maximum de calories sous forme de vapeur.

Si l'on admet que l'installation d'une usine ainsi alimentée devienne intéressante pour une agglomération d'au moins 30 000 habitants, on pourrait disposer en France de 2 850 000 t d'ordures ménagères par an (12 000 000 d'habitants groupés en agglomération d'au moins 30 000 habitants produisant chacun 0,65 kg d'ordures ménagères par jour). M. de Lamotte a récemment évalué à 4 000 000 de t la quantité de vapeur qui pourrait être produite par ce combustible, pauvre mais gratuit (1), ce qui correspond à environ 570 000 t de charbon, d'une valeur de 120 millions de francs.

(1) *Revue des Carburants français.*



# QUE SAVONS-NOUS DES ÉTOILES ?

## Comment on a scruté leur position, leur taille, leur masse, leurs températures, leur constitution

Par Marcel BOLL

DOCTEUR ÈS SCIENCES — AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ  
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

*Notre Soleil, qui ne serait pour nous qu'une petite étoile de bien minime intérêt si notre planète ne gravitait précisément autour de lui, est à des distances énormes des autres étoiles de la Voie Lactée. Des distances encore plus grandes séparent celle-ci des autres univers-îles (galaxies) qui apparaissent dans les télescopes sous la forme de nébuleuses spirales, en nombre d'autant plus élevé que l'instrument d'observation est plus puissant. L'arpentage du ciel par les méthodes géométriques directes n'est possible que pour les astres les plus rapprochés (pas plus de 4 000 étoiles). Les méthodes indirectes de l'astrophysique, fondées sur l'analyse au spectrographe de la lumière même reçue des étoiles, nous ont fait connaître non seulement leur constitution chimique, mais aussi les conditions physiques dans lesquelles elles se trouvent, et notamment la température de leur surface, permettant d'établir les lois générales qui relient les rayonnements reçus, les rayonnements émis, les masses et les distances. On a pu par la suite déterminer, de proche en proche, avec une certitude de plus en plus grande, les caractéristiques des étoiles les plus lointaines, grâce à d'innombrables recoupements. Ainsi les acquisitions de la physique expérimentale sont à la base des progrès de l'astronomie moderne. Les étoiles, en retour, offrent au microphysicien, de par la diversité extrême de leurs conditions physiques (température, densité, etc.), un champ d'observations beaucoup plus étendu que celui dont il dispose au laboratoire ; il pourra y recourir soit pour vérifier les conséquences de certaines de ses hypothèses, soit pour orienter ses recherches nouvelles sur la constitution intime de la matière.*

### Les étapes de l'astronomie

**N**ous pouvons nous considérer comme la 10 000<sup>e</sup> génération de l'espèce humaine.

Pendant plus de 9 000 générations, l'homme n'a pas accordé aux astres plus d'attention que les autres animaux.

Pendant 9 990 générations, l'homme a cru que la Terre était au centre du monde.

Pendant 9 999 générations, l'homme n'avait aucune idée du nombre total des étoiles dans la Voie Lactée, ni, à plus forte raison, du nombre des Voies Lactées dans l'Univers tout entier.

On peut, dès lors, diviser l'histoire de l'astronomie en trois périodes, de durées très inégales :

1<sup>o</sup> La *période astrologique*, qui s'étend des « origines » à la Renaissance : les descriptions objectives s'y mêlent intimement à des interprétations saugrenues. A côté d'une partie caduque, définitivement caduque, il émerge une foule de résultats importants, sans l'accumulation desquels la science n'aurait pu progresser. Pour synthétiser ces résultats sous une forme concrète

— qui nous servira grandement dans la suite de cet exposé — nous avons reproduit une *carte du ciel* (fig. 1 et 2).

Cette carte pourrait être dressée, sans instrument, par un bon observateur, doublé d'un bon dessinateur, qui se placerait successivement au pôle Nord de la Terre, puis au pôle Sud. Les positions apparentes des étoiles et des groupes arbitraires d'étoiles (constellations) seraient reportées par lui sur deux hémisphères de verre, puis il projetterait ces positions sur les « grands cercles » de ces hémisphères, ce qui lui donnerait :

a) Le centre de la figure 1 (à l'intérieur de l'« équateur céleste ») pour le pôle Nord (*ciel boréal*) ;

b) La figure 2 tout entière pour le pôle Sud (*ciel austral*).

L'homme réduit à ses propres ressources — *l'homme sans la science* — ne peut aller plus loin dans la découverte de la vérité. Mais il peut laisser vagabonder son imagination.

Il n'y a pas manqué dans le passé ; et les âmes simples continuent aujourd'hui... De tout temps, à côté de l'astronomie scientifique, l'astrologie prétendit que la configu-

ration des astres exerçait une action *directe et dominante* sur les événements futurs : avenir global de l'humanité, événements politiques, détails de la destinée particulière d'un individu (horoscope). L'idée de tirer des conséquences humaines de la position apparente des astres était toute naturelle chez les peuplades primitives et pouvait alors passer pour vérifiable. Mais nous savons aujourd'hui que les constellations sont des groupes choisis à peu près au ha-

aucune réalité passée, puisque, rien qu'à l'intérieur de la Voie Lactée, on perçoit des événements qui se répartissent sur une période aussi longue que celle qui nous sépare de l'anthropopithèque... L'astrologie contemporaine n'est qu'un mélange de naïveté et de charlatanisme : les savants du monde entier sont *unanimes* à le proclamer.

2° La seconde période est celle de la *mécanique céleste* : marquée par les grands

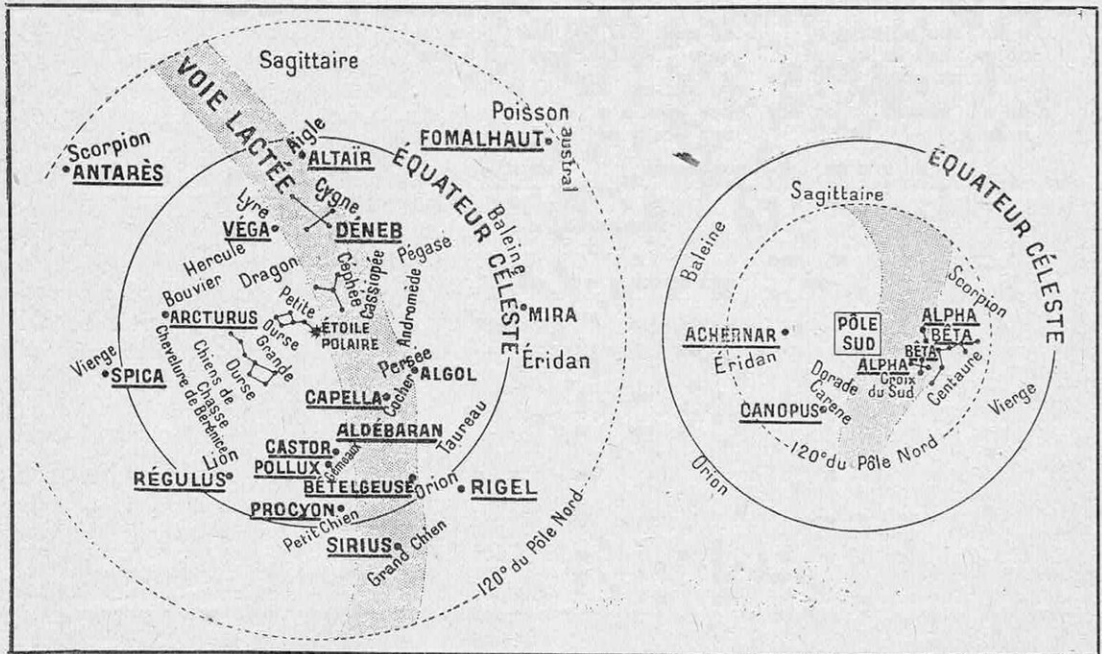


FIG. 1 ET 2. — CARTE SIMPLIFIÉE DU CIEL

Un observateur placé au pôle Nord de la Terre ne verrait que la partie centrale de la figure 1 (jusqu'à l'équateur céleste) ; un observateur placé au pôle Sud de la Terre ne verrait que la figure 2. La figure 1 représente les étoiles visibles en France (plusieurs ne le sont qu'à certaines époques de l'année) ; on n'a porté sur la figure 2 que les étoiles (du ciel austral) que l'on ne peut y voir. La position réelle des astres est indiquée sur la figure 12. Les constellations sont écrites en minuscules ; les étoiles en capitales ; les noms des vingt-deux étoiles les plus brillantes sont soulignés (fig. 10).

sard, dénommés n'importe comment (1), transmis par la tradition comme moyens commodes de repérage, mais comprenant des étoiles de classes très différentes (2) et situées à des distances énormes les unes des autres : le firmament, tel qu'il nous apparaît, est un *effet de perspective* (3), qui ne correspond ni à la réalité présente, ni à

(1) Il ne faudrait pas tomber dans cette confusion d'un auditeur d'une université populaire, qui déclarait à son professeur : « J'ai bien compris tout ce que vous nous avez expliqué ; mais vous ne nous avez pas dit comment on était arrivé à trouver le nom des étoiles. »

(2) Donc d'âges très différents.

(3) Monté sur la Butte Montmartre, on voit l'Opéra au pied de la Tour Eiffel.

noms du Polonais Nicolas Copernic (1473-1543), du Danois Tycho Brahé (1546-1601), de l'Italien Galilée (1564-1642) et de l'Allemand Jean Kepler (1571-1630), elle fut définitivement fondée par l'Anglais Isaac Newton (1642-1727), qui énonça, vers 1683, la « loi de la gravitation universelle ». Trois ordres de faits rendirent possible ce renouveau de l'astronomie (1) :

a) L'ambiance du milieu intellectuel, caractérisée par l'indépendance à l'égard des idées traditionnelles, en particulier à l'égard du « système de Ptolémée », lequel subsista à travers tout le moyen âge sans

(1) C'est le développement des mêmes causes qui domine encore l'astronomie contemporaine.



donner prise à une discussion sérieuse ;

b) La découverte, vers 1608, de la lunette astronomique (1). Nous représentons schématiquement (fig. 3) un grand télescope moderne, dont l'objectif atteint 2 m 50 de diamètre ; les grands diamètres — énormes par rapport à celui de la pupille de l'œil — réduisent les effets de diffraction et augmentent le pouvoir séparateur. Les meilleurs instruments permettent de voir plusieurs milliers de fois plus d'étoiles qu'on ne peut en percevoir à l'œil nu ;

c) Les progrès des mathématiques, qui fournirent le seul langage apte à traduire complètement et rigoureusement les données de l'observation.

3° La période contemporaine assiste à l'écllosion de l'*astrophysique*, que la physique a dotée de deux techniques fondamentales. D'une part, c'est la *photographie* qui, à l'inverse de l'œil, est capable d'accumuler la lumière » pendant des poses qui atteignent déjà soixante heures (en plusieurs nuits, naturellement). Un télescope donné peut photographier trente fois plus d'étoiles qu'on ne peut en voir avec lui ; les plaques photographiques ont enregistré un milliard d'étoiles. D'autre part, la *spectrographie* a

(1) Par Hans Lippershey, opticien à Middelbourg (Hollande).

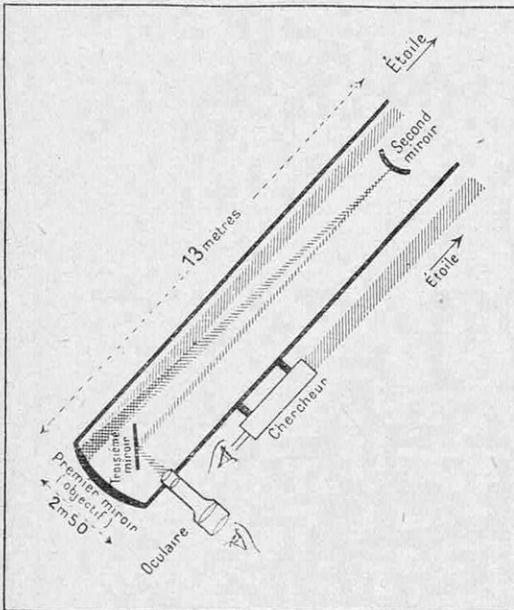


FIG. 3. — UN GRAND TÉLESCOPE MODERNE  
Le chercheur est une lunette auxiliaire, qui possède le même axe que l'appareil principal, mais dont le champ est beaucoup plus grand : il permet de trouver facilement l'astre que l'on veut observer.

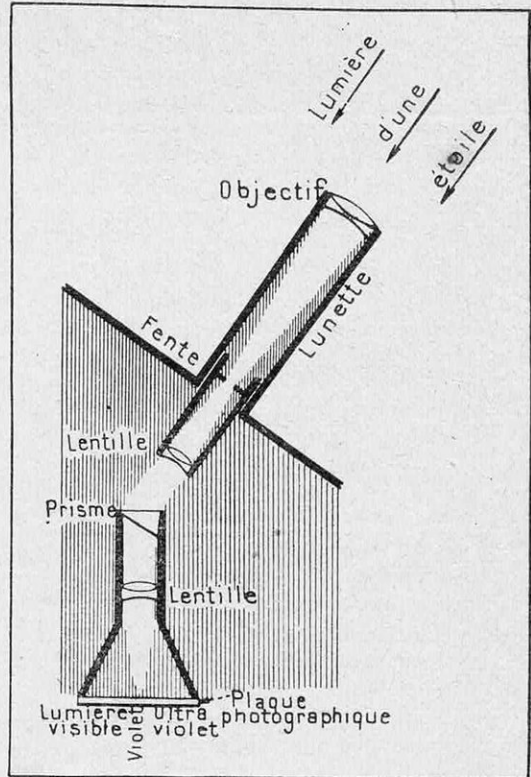


FIG. 4. — L'INSTRUMENT PRIMORDIAL DE L'ASTROPHYSIQUE : LA LUNETTE MUNIE D'UN SPECTROGRAPHE

L'image de l'étoile se forme sur la fente. Si l'étoile était violette, on verrait (après développement du cliché) une petite ligne à l'endroit marqué « violet ». En fait, on obtient toute une série de raies (tout un spectre, comme on dit). La figure 7 représente les spectres des principaux types d'étoiles.

fourni des renseignements précieux sur l'« anatomie » des étoiles, sur leur composition chimique, leur température, la puissance qu'elles rayonnent : notre figure 4 schématise la collaboration féconde de la lunette et du spectrographe, qui domine toutes les études que nous passons en revue aujourd'hui.

Insistons-y pour ne plus y revenir : il n'y a aucune commune mesure entre l'astronome amateur et les observatoires qui font progresser la science. Au point de vue intellectuel, c'est la différence qui sépare la « règle de trois » des plus récents prolongements de l'analyse mathématique ; au point de vue pratique, c'est le charron de village comparé aux grandes usines d'automobiles. L'astrologie ne sera plus, pour tout le monde, qu'un ensemble de fantaisies insoutenables, le jour où le grand public aura compris toute la portée de cette remarque.

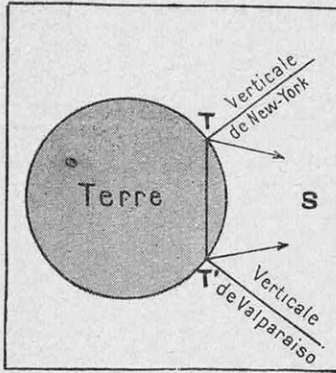


FIG. 5. — COMMENT ON PEUT MESURER LA DISTANCE DE LA TERRE AU SOLEIL

tème planétaire, c'est-à-dire ce coin minuscule de la Voie Lactée où se trouve notre Soleil avec son cortège de satellites.

Il convient tout d'abord de rappeler en quelques mots comment il est possible de déterminer la distance de la Terre au Soleil. On choisit deux endroits différents sur la Terre : par exemple, New York et Valparaiso ; puis, au même instant, deux observateurs visent le même point *S* de la surface solaire ; les directions de la visée sont indiquées par des flèches sur la figure 5. On peut alors connaître tous les éléments du triangle *TST'*, puisqu'on sait évaluer la distance rectiligne de New York à Valparaiso (7 300 km) et que les deux visées donnent les angles de la base de ce triangle ; c'est ainsi que l'on trouve que la distance de la Terre au Soleil vaut, en moyenne, 23 440 rayons terrestres, soit 149 500 000 km ; la lumière met un peu plus de huit minutes pour nous arriver du Soleil.

La même méthode est incapable de nous renseigner sur la distance qui sépare la Terre des étoiles : il est impossible de déceler la moindre différence dans la direction des lignes de visée, lorsqu'on observe la même étoile de deux endroits, aussi éloignés que possible, du globe terrestre.

Pour tourner la difficulté, le mathématicien et astronome allemand Friedrich-Wilhelm Bessel (1784-1846) eut, en 1838, une idée ingénieuse : par suite de la révolution de la Terre autour du Soleil, un observatoire se trouve, en septembre, à 300 millions de km du point où il se trouvait en mars : soit donc *T* (fig. 6) la position de la Terre en mars, et *T'* sa position au mois de septembre de la même année. On peut alors connaître complètement le triangle *TE T'*, ce qui permet de déterminer la

## Eloignement des étoiles

Jusqu'en 1838, les hommes n'eurent aucune idée des distances qui nous séparent des étoiles : les mesures précises, antérieures à cette date, ne concernaient que le sys-

teme planétaire, c'est-à-dire ce coin minuscule de la Voie Lactée où se trouve notre Soleil avec son cortège de satellites.

$$TE = T'E = 9 \text{ années-lumière ;}$$

$$TT' = 16 \text{ minutes-lumière.}$$

Même dans les conditions les plus favorables, la méthode imaginée par Bessel — la méthode « directe » (2) — est délicate, car, bien que la distance *TT'* soit énorme pour nous, l'angle *TE T'* est infime : de l'ordre d'une seconde (3) ; et une seconde, c'est l'angle sous lequel on voit un dé à jouer placé à 2 km de distance. Comme le dit spirituellement Paul Coudere : « Nous sommes comparables à un puceron qui, faisant le tour d'un bouton de fleur, chercherait à reconnaître si son déplacement modifie la direction dans laquelle il voit un arbre situé à quelques kilomètres. »

Vers 1900, l'éloignement réel d'une cinquantaine d'étoiles était fixé. Aujourd'hui, la distance de quatre mille étoiles a été mesurée par ce procédé. Mais il s'agit de nos voisins immédiats, dont la lumière nous parvient en moins de cent années. Et il n'y a guère d'espoir d'aller beaucoup plus loin avec les simples ressources de la géométrie.

Par bonheur, l'astrophysique nous reste ! Nous verrons que la méthode indirecte nous a permis de jauger toute notre cité d'étoiles — la Voie Lactée — et même d'évaluer notre distance à toutes les autres Voies Lactées, qui consentent à apparaître après soixante heures d'exposition sur les plaques photographiques ultrasensibles que l'on dispose derrière les télescopes géants.

## Types spectraux d'étoiles

La spectrographie stellaire trouve ses origines dans les travaux de Newton, qui

(1) Bessel opéra tout d'abord sur une « naine rouge », qui porte le numéro 61 de la constellation du Cygne (figure 1).

(2) C'est en réalité une méthode directe en deux temps (fig. 5 et 6).

(3) Il y a 60 secondes dans un angle de 1 minute, 60 minutes dans un angle de 1 degré, 90 degrés dans un angle droit.

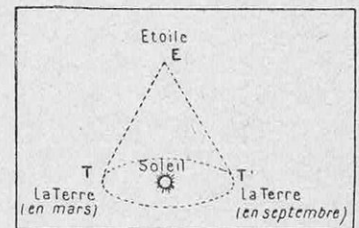


FIG. 6. — COMMENT ON MESURE L'ÉLOIGNEMENT DES ÉTOILES VOISINES

On calcule les éléments du triangle *TE T'* ; sa base *TT'* est la distance connue qui sépare les deux positions de la Terre à six mois d'intervalle.



découvrit, en 1669, le phénomène de la dispersion (ou décomposition de la lumière blanche), puis dans les recherches de Robert-Wilhelm Bunsen (1811-1899) et Gustav-Robert Kirchhoff (1824-1887) : ils nous ont appris que les raies sillonnant les spectres caractérisent les éléments chimiques qui sont présents dans la source de lumière (flamme, arc électrique, étincelle). Enfin, c'est en 1868 qu'Angelo Secchi proposa de disposer un prisme derrière une lunette (fig. 4) ou derrière un télescope ; à ce titre, il peut être considéré comme un des précurseurs de l'astrophysique contemporaine.

L'examen des clichés de spectres émis par une étoile fait connaître non seulement les éléments chimiques qui constituent cet astre, mais aussi les conditions physiques dans lesquelles il se trouve et, notamment, la température de sa surface.

La figure 7 reproduit dix-neuf spectres d'étoiles, choisis parmi les plus importants et les plus caractéristiques ; on remarquera comment ces spectres se modifient progressivement quand on passe d'une des rangées à la rangée voisine. Jamais une raie nouvelle n'apparaît dans un spectre si elle n'existe pas plus faiblement dans un des spectres contigus : les éléments du Soleil (et de la Terre) sont universellement répandus, mais ils s'y trouvent dans des conditions physiques différentes (1), ce qui explique la diversité des spectres stellaires.

Ceci posé, ces spectres ont été classés en un certain nombre de *types*, dont nous examinerons les principaux, d'après les travaux d'Henry Russell (1913) et d'Henry Draper (1918) :

1° Le type *O* (étoiles à hélium ionisé) est

(1) Rappelons qu'un atome est dit *ionisé* lorsqu'il n'a pas son nombre normal d'électrons : atome neutre et atome ionisé émettent, en principe, des radiations très différentes.

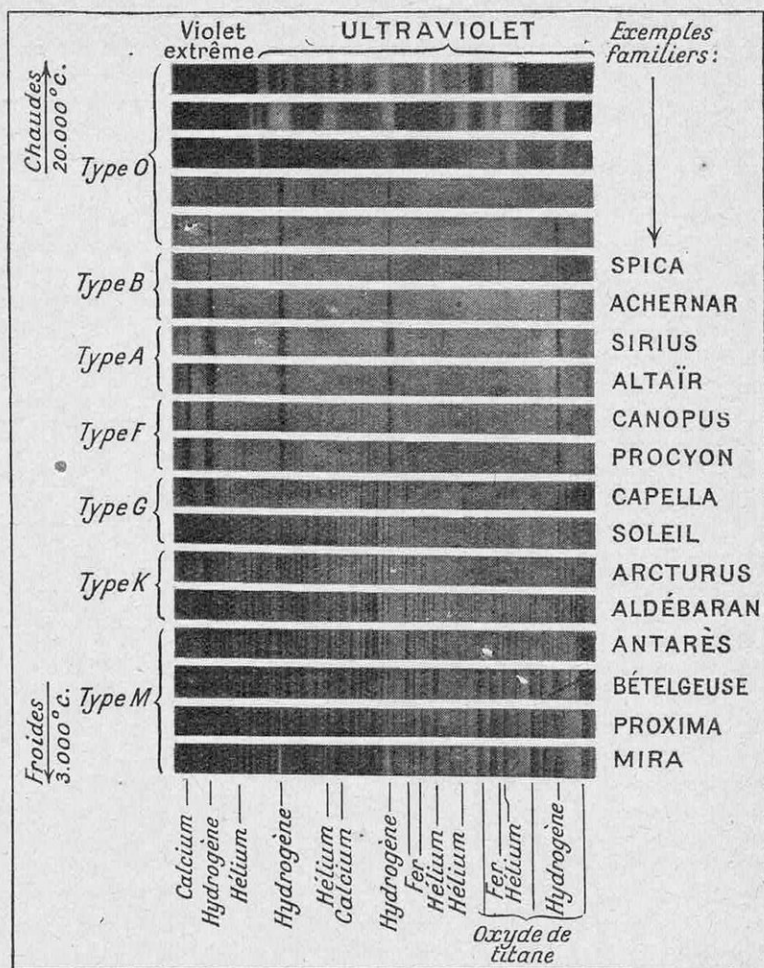


FIG. 7. — LES SPECTRES DES ÉTOILES

On lit, sur ces figures, l'ordre de grandeur des températures, les types d'étoiles, un certain nombre d'exemples connus et, tout en bas, la place des raies des éléments caractéristiques ainsi décelés.

exceptionnel : il n'y a en tout qu'une centaine d'étoiles connues de ce type, toutes invisibles à l'œil nu (donc, toutes très éloignées de nous) ; c'est la raison pour laquelle la figure 7 n'en indique aucun « exemple familier » ; la couleur est blanc bleuâtre ; la température superficielle dépasse 20 000° C ;

2° Le type *B* (étoiles à hélium neutre) ne comporte pas 0,5 % des étoiles décelables ; on y voit apparaître également les raies de l'hydrogène. Ces étoiles accusent une température extérieure de 20 000° C environ ; elles sont blanches d'apparence. On y rencontre (par températures décroissantes) : Algol, alpha de la Croix, bêta du Centaure, bêta de la Croix, Spica, Achernar, Rigel, Regulus ;

3° Le type *A* (étoiles à hydrogène) est celui de belles étoiles blanches, comme

Sirius, Véga, Castor, Dénéb, Fomalhaut, Altaïr (températures de l'ordre de 11 000° C). Ce type n'est guère plus fréquent que le précédent ;

4° Le type *F* est défini par la prépondérance du calcium ionisé : Canopus, Procyon, l'étoile Polaire appartiennent à cette classe d'étoiles blanc jaunâtre (températures voisines de 7 500° C ; proportion : 3 % des étoiles environ) ;

5° Les étoiles dites du « type solaire », sont désignées par la lettre *G* ; leurs températures se situent vers 6 000° C. Ces étoiles jaunes (proportion : 4 %) sont représentées par Capella (géante), le Soleil et alpha du Centaure (naines). Les raies de l'hydrogène s'affaiblissent par rapport au cas précédent ; les raies métalliques sont fines et faibles, mais très nombreuses (fer et métaux de son groupe, calcium ionisé, calcium neutre) ;

6° Le type *K* a la constitution des « taches solaires » ; couleur jaune rougeâtre ; fréquence analogue à celle des deux types précédents ; température de l'ordre de 5 000° C ; accroissement de l'intensité des raies métalliques et, notamment, de celles du calcium neutre. Citons, parmi les géantes de cette classe : Acturus, Pollux, Aldébaran ; et, parmi les naines, l'étoile n° 61 de la constellation du Cygne (qui fut étudiée par Bessel) ;

7° Enfin, le type *M* est celui des étoiles rouges (entre 3 500° et 2 000° C) ; les spectres sont dégradés du côté du rouge. A ce type, qui comprend 85 % de la totalité des étoiles perceptibles (presque toutes des naines), se rattachent Antarès, Bételgeuse, Mira (trois géantes) et, comme exemple de naines, Proxima, qui fait partie de la constellation du Centaure et qui n'est à guère plus de quatre années-lumière de nous (1).

Il faudrait ajouter les astres obscurs, dont le nombre est immense, puisqu'il y a, au bas mot, dix astres obscurs pour un brillant. De ces astres éteints, les astronomes ne se préoccupent guère... pour cette excellente raison qu'ils ne disposent, à leur égard, d'aucun moyen d'étude. Si l'on voulait conserver le nom d'étoiles à ces astres non-lumineux, il n'y aurait aucune limite dans le minuscule, et les planètes devraient compter comme étoiles au dernier degré de

décadence : on en arriverait ainsi aux poussières d'astres, dont le nombre est illimité.

En laissant à nouveau la parole à Paul Couderc, « tout se passe comme si chaque étoile portait une *étiquette*, où nous lisons toutes ses propriétés : l'étiquette, c'est son spectre ». Étiquette aussi indéchiffrable aux profanes que l'est une partition pour qui ne connaît pas la musique. C'est par l'accumulation, l'interprétation et le recoupement de tels documents que l'on a découvert l'architecture du monde.

### Notre étoile

L'astronomie contemporaine est la science des recoupements : toutes les données forment un bloc homogène, et toutes les questions peuvent être successivement prises par tous les bouts.

Par exemple, si l'on connaît l'éloignement d'une étoile et si l'on mesure la puissance que nous en recevons (1), on en déduit la puissance « au départ ». Mais, réciproquement, la puissance reçue, combinée avec une évaluation (2) de la puissance émise, fournit la distance qui nous sépare de l'astre. C'est précisément en cela que consiste la *méthode indirecte* des éloignements, à laquelle nous avons fait allusion plus haut et qui a reculé les limites de nos mensurations jusqu'aux confins extrêmes de la portion perceptible de l'Univers.

Pour nous mettre dans l'ambiance, nous allons tout d'abord raisonner sur le Soleil, qui constitue le cas le plus facile et le mieux connu :

1° Nous connaissons déjà la valeur du rayon moyen de l'orbite terrestre ;

2° Nous savons, d'autre part, calculer la *masse de la Terre* par une première application de la loi de Newton, suivant laquelle deux corps quelconques s'attirent proportionnellement au produit de leurs masses et en raison inverse du carré de leurs distances ; on commence d'abord par déterminer (dans une expérience — d'ailleurs très délicate — de laboratoire) avec quelle force s'attirent mutuellement deux masses de 1 g, éloignées de 1 cm. Comme on connaît avec une grande précision l'attraction de la

(1) Cette puissance reçue s'apparente avec la « grandeur » (apparente) de l'astre. Une différence toutefois : la grandeur (au sens vulgaire du mot) résulte soit de l'observation visuelle (grandeur photométrique), soit du noircissement d'une plaque (grandeur photographique). La puissance reçue ne tient pas seulement compte des portions (visible et ultraviolette) du spectre, mais de l'ensemble complet des radiations émises (grandeur énergétique).

(2) Fondée sur la confrontation des types spectraux.

(1) Ces sept types constituent la *série principale* des étoiles, celles qui ont une évolution normale. Nous ferons allusion aux *naines blanches* comme le compagnon de Sirius, formées à la suite d'une brusque explosion interne : ce phénomène se constate une dizaine de fois par an (c'est ce que l'on appelle une « étoile nouvelle » ou *nova*).



Terre sur une masse de 1 g et que tout se passe comme si toute la masse de la Terre était concentrée en son centre, — c'est là une certitude mathématique, — on en déduit immédiatement la valeur de la masse de la Terre, puisque son rayon est très bien déterminé par des mesures géodésiques ;

3° Pour obtenir la *masse du Soleil*, il suffit d'une *deuxième* application de la loi de Newton : les deux corps en présence sont maintenant le Soleil et la Terre ; leur distance est maintenant le rayon de l'orbite que décrit la Terre en un an ;

4° Le *volume* du Soleil découle sans difficulté d'une mesure d'angle, l'angle sous lequel on voit le diamètre solaire (ou, comme l'on dit, le « diamètre apparent » du Soleil). C'est là une simple question de géométrie élémentaire : le diamètre réel du Soleil est à la fois proportionnel à son diamètre apparent (1) et au rayon de l'orbite terrestre (2) ;

5° En divisant la masse (3°) par le volume (4°), on trouve la *densité* du Soleil : 1,41, comprise entre celle de l'eau (1,00) et celle du magnésium (1,70) ; le Soleil est environ quatre fois moins dense que la Terre ;

6° En recevant les rayons solaires sur un thermomètre noir (ou mieux sur un thermocouple), on peut calculer la « puissance à l'arrivée » : c'est ce que l'on appelle conventionnellement la « constante solaire », qui doit naturellement être corrigée de l'absorption atmosphérique. Le résultat est le suivant : si nous considérons une

(1) Ce diamètre apparent (rectifié) est égal à 31 minutes 59 secondes.

(2) Le diamètre solaire vaut environ 109 diamètres terrestres. La surface solaire vaut ainsi (109 × 109) surfaces terrestres. Le volume solaire vaut par suite (109 × 109 × 109) volumes terrestres.

sphère idéale, centrée sur le Soleil et comprenant l'orbite terrestre comme grand cercle, chaque centimètre carré de cette sphère est traversé par une puissance de 0,142 27 watt ;

7° Les espaces interplanétaires sont parfaitement transparents ; leur absorption est pratiquement négligeable. La « puissance au départ » se confond avec la puissance à l'arrivée. On aura donc la puissance rayonnée par le Soleil et exprimée en watts, en multipliant ce 0,142 27 watt par le nombre

des centimètres carrés contenus sur la sphère idéale dont nous venons de parler (6°). Nous allons donner (en 8°) une idée de cette puissance émise ;

8° On désigne sous le nom de « radiance énergétique » ou, plus brièvement, de *radiance*, la puissance émise par 1 cm<sup>2</sup> de surface. Par suite, on divisera le nombre (obtenu en 7°) par le nombre des centimètres carrés que contient la surface du Soleil, ce

qui donne 6,574 kW (ou 8,936 ch). On conçoit l'énormité de cette radiance : chaque centimètre carré de la surface solaire rayonne la même puissance que celle qui est fournie par le moteur d'une automobile moyenne ;

9° L'émission de rayonnement par incandescence dépend uniquement de la température ; nous savons comment, depuis 1879-1884. Les physiciens autrichiens Joseph Stefan (1835-1893) et Ludwig Boltzmann (1844-1906) démontrèrent, l'un expérimentalement, l'autre théoriquement (1), que la radiance (énergétique) est proportionnelle à la quatrième puissance de la température (2).

(1) En s'appuyant sur les deux principes de la thermodynamique.

(2) Comptée à partir du zéro absolu.

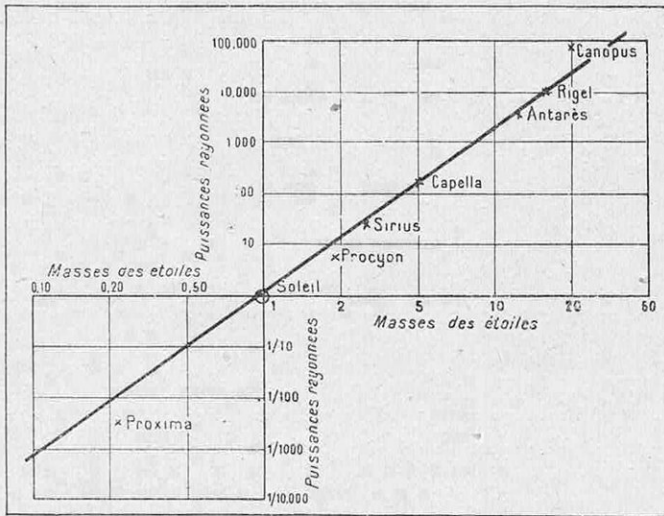


FIG. 8. — LA LOI D'EDDINGTON

Alors que les puissances rayonnées par les étoiles varient dans le rapport de 1 à un milliard, les masses sont fort voisines (tout au plus dans le rapport de 1 à 200). Comme on le voit, ce sont les étoiles les plus massives qui ont l'activité rayonnante la plus intense (quels que soient leurs diamètres, fig. 9). Sur ce graphique schématique, les puissances rayonnées et les masses sont rapportées, respectivement, à la puissance rayonnée et à la masse du Soleil, prises l'une et l'autre comme unité.

Le coefficient de proportionnalité se mesure par des expériences de laboratoire, et on en déduit sans difficulté que la température superficielle du Soleil est 6 200° C ;

10° Ajoutons que l'on sait très bien l'origine de cette formidable émission de radiations ; conformément à la théorie de l'inertie de l'énergie (Albert Einstein, 1905, Paul Langevin, 1911), c'est la masse elle-même du Soleil qui se transforme en rayonnement : notre étoile, à chaque seconde, se débarrasse ainsi de 4 millions de tonnes de sa propre substance. Malgré cela, le Soleil est tellement « riche » qu'il perd beaucoup moins que 1 dix-milliardième de sa masse en un millénaire ; ne nous inquiétons pas, pour le moment, de sa prodigalité...

Que devons-nous retenir de ce discours en dix points, dont notre Soleil a fait les frais ? C'est, d'une part, un enchevêtrement, à peine croyable mais néanmoins rigoureusement logique, de tous les documents entassés. C'est aussi l'intime collaboration de l'observatoire et du laboratoire : la physique expérimentale et théorique est devenue l'initiatrice de l'astronomie, et les étoiles sont des annexes, à haute température, des laboratoires terrestres.

### Masses et puissances rayonnées

Désormais le Soleil va nous servir de terme de comparaison : étalon bien banal, étalon bien médiocre, mais étalon tout de même.

Il s'est présenté, dans le ciel, une circonstance particulièrement heureuse ; c'est qu'on y rencontre une très forte proportion d'étoiles multiples : sur 100 étoiles, il y a 40 étoiles doubles et 10 étoiles au moins triples. En particulier, les étoiles doubles se subdivisent en deux grandes catégories :

1° Les *binaires visuelles*, dont les composantes, si rapprochées soient-elles, restent accessibles à l'observation télescopique directe ;

2° Les *binaires spectroscopiques*, qu'aucun instrument ne réussit à dédoubler et dont l'existence nous est révélée par la variation

périodique des raies de leur spectre. On connaît près de 30 000 étoiles doubles (1) ; pour beaucoup d'entre elles, les trajectoires des composantes sont très exactement déterminées : les deux composantes décrivent chacune une ellipse, dont un des foyers coïncide avec le centre de gravité de l'ensemble ; il suffit, dès lors, d'appliquer à nouveau la loi de Newton pour obtenir les masses des deux composantes.

Par exemple, Sirius possède « un compagnon » : Sirius, l'étoile la plus lumineuse, est une étoile du type A, dont la masse vaut 26 fois celle du Soleil ; son compagnon est une naine blanche, dont la masse n'est que les 85 centièmes de celle du Soleil : c'est le mariage de Gulliver avec une Liliputienne...

Cette méthode de détermination des masses est naturellement inapplicable aux étoiles simples. Mais, en 1916, l'astronome anglais Arthur Eddington a songé à reprendre et à compléter une théorie déjà ancienne (1887) de son compatriote William Kelvin ; une étoile est en équilibre radiatif sous l'influence de trois forces :

a) La gravitation « qui rassemble la matière nébulaire et cahotique » ;

b, c) La pression gazeuse et la pression de radiation, « qui tranchent cette matière en blocs de grosseur convenable ». La conséquence essentielle de cette théorie, qui se trouve parfaitement vérifiée, c'est que puissance rayonnée et masse *varient toujours dans le même sens*, quand on passe d'une étoile à une autre (fig. 8), mais que le diamètre de l'étoile n'intervient pas.

La loi d'Eddington est le point de départ

(1) L'étoile Algol (dans la constellation de Persée) présente des variations énormes de luminosité, qui, en quelques heures, se trouve réduite des deux tiers, par suite de l'occultation par la composante obscure du système binaire. D'autres étoiles variables, telles que les Céphéides (dont Mira, dans la constellation de la Baleine), ont des périodes beaucoup plus longues (de l'ordre d'un an pour Mira) ; il s'agit d'une variation effective de la puissance émise. Comme toutes les Céphéides ont la même constitution, elles servent de repères pour « jalonner le ciel ».

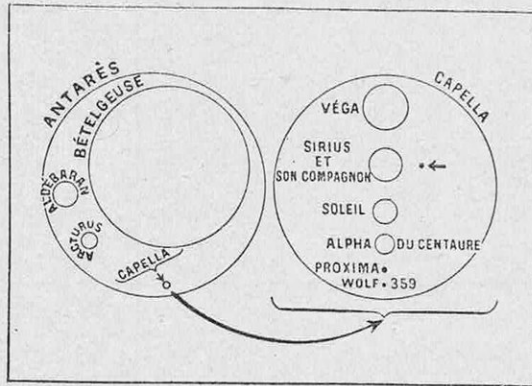


FIG. 9. — DIAMÈTRES COMPARÉS DES ÉTOILES A gauche, nous descendons d'Antarès (super-géante rouge) à Capella, en passant par Mira (non dessinée), Bételgeuse (analogue à l'orbite terrestre), Aldébaran et Arcturus. A droite, on a reproduit Capella à une échelle quarante fois plus grande, et on rencontre successivement Véga, Sirius et son compagnon (naine blanche), le Soleil, alpha du Centaure (sœur jumelle du Soleil), et deux naines rouges (Proxima, Wolf 359).



ORDRE DES ÉTOILES par luminosités décroissantes	Distances au Soleil en années- lumière	PAR RAPPORT AU SOLEIL			Températures superficielles en degrés C	COULEURS et types spectraux	Luminosités comparées des planètes
		Diamètres	Masses	Puissances rayonnées			
SOLEIL .....	0	1	1	1	6 200	Jaune (G)	Mars ←→ Mercure ←→ Jupiter ←→ Vénus
SIRIUS (double).....	9	1,8 et 0,03	2,5 et 0,85	26 et 0,003	11 000	Blanches (A)	
CANOPUS .....	650	165	20	80 000	7 500	Blanc jaunâtre (F)	
Alpha du CENTAURE (double).....	4,3	1,0 et 0,8	1,2 et 0,6	1,12 et 0,21	6 000	Jaune (G) et rouge	
VÉGA .....	26	2,4	3	50	12 000	Blanche (A)	
CAPELLA (double).....	52	12 et 6	4,2 et 3,3	150 et 85	5 500	Jaune (G) et blanche	
ARCTURUS .....	41	30	4	100	4 000	Jaune rougeâtre (K)	
RIGEL (double).....	540	28 et 5	16 et 3	18 000 et 80	20 000	Blanche (B)	
PROCYON (double).....	10,9	1,9 et 0,001	1,8 et 0,3	5,4 et 0,00050	7 500	Blanc jaunâtre (F) et blanche	
ACHERNAR .....	70	3,6	5	200	20 000	Blanche (B)	
Bêta du CENTAURE.....	300	11	12	3 100	21 000	Blanche (B)	
ALTAÏR (double).....	16	1,4	2	9,2	8 600	Blanche (A)	
BÉTELGEUSE (double).....	250	290	7	1 200	3 000	Rouge (M)	
Alpha de la CROIX (double).....	280	6,6 et 2	8 et 5	1 000 et 650	20 000	Blanches (B)	
ALDÉBARAN (double).....	57	30 et 3	4 et 0,5	90 et 0,001	4 200	Jaunes rougeâtres (K)	
POLLUX .....	32	9,5	2,5	28	5 100	Jaune rougeâtre (K)	
SPICA .....	280	9,7	8	1 500	19 000	Blanche (B)	
ANTARÈS (double).....	360	480 et 10	13 et 2,5	3 400 et 30	3 000	Rouge (M) et blanche	
FOMALHAUT .....	24	3,1	2,2	13,5	10 500	Blanche (A)	
DÈNEB.....	650	40	13	10 000	10 000	Blanche (A)	
RÉGULUS .....	56	23	3,5	70	18 000	Blanche (B)	
Bêta de la CROIX.....	260	6	6	850	20 000	Blanche (B)	
CASTOR (sextuple).....	42	1,7 et 1 et 0,1	2,4 et 2 et 0,4	23 et 11 et 0,04	11 000	Blanches (A)	

FIG. 10. — CARACTÉRISTIQUES DES ÉTOILES LES PLUS LUMINEUSES DU CIEL.

Il s'agit de ce que l'on appelait précédemment les étoiles « de première grandeur » (de première grandeur apparente, naturellement). Leurs positions apparentes sont indiquées sur notre carte du ciel (fig. 1 et 2). La dernière colonne donne une liste des planètes, dont certaines (Vénus et Jupiter) sont plus lumineuses que Sirius, l'étoile la plus brillante du firmament ; les autres planètes facilement visibles ont une luminosité qui varie énormément, suivant la distance qui les sépare de nous. Jusqu'à une époque relativement récente, on a cru que les « feux du firmament étaient innombrables » : en réalité, par une nuit claire, l'œil humain ne distingue que 2 500 étoiles. C'est William Herschel qui montra (1785) que toutes les étoiles visibles font partie d'une immense cité, qui n'est autre que la Voie Lactée. Celle-ci se compose d'une centaine de milliards d'étoiles comparables à notre Soleil. Et l'Univers tout entier est formé par l'ensemble de plusieurs dizaines de milliards de Voies Lactées, dont deux millions, déjà, ont été identifiées.

d'innombrables recouvrements. Vérifiée tout d'abord pour les étoiles *doubles* et *voisines* de nous, dont on connaît toutes les caractéristiques par ailleurs (1), elle nous sert notamment à trouver :

1° La masse des étoiles simples-voisines, puisqu'on a calculé leur puissance au départ, à partir de l'éloignement et de la puissance à l'arrivée ;

2° La distance qui nous sépare des étoiles doubles-éloignées, puisqu'on a évalué séparément leur masse (par la loi de Newton) et la puissance à l'arrivée, etc.

La relation entre la masse et la puissance rayonnée est parfaitement conforme à l'inertie de l'énergie, conséquence de la relativité restreinte, qui est à chaque instant confirmée par les expériences de microphysique. La masse est, en quelque sorte, la fortune d'une étoile ; la puissance rayonnée est son train de vie. Et nous nous apercevons que les étoiles sont plus sages que les hommes : elles proportionnent minutieusement leur train de vie à leurs disponibilités...

### Diamètres et densités

Dans notre examen systématique des caractères des étoiles, il nous manque encore deux données primordiales :

1° Leurs diamètres ou, ce qui revient au même (2), leurs surfaces ; on obtient ces dernières en divisant la puissance rayonnée par la radiance. Nous savons — mais il n'est sans doute pas inutile de le rappeler — que la puissance rayonnée peut s'obtenir :

— soit en connaissant la puissance reçue et l'éloignement ;

— soit en connaissant la masse de

(1) Leurs masses se déduisent (comme nous venons de le voir) des trajectoires des deux composantes ; leurs éloignements s'obtiennent par triangulations (fig. 6) et leurs puissances rayonnées résultent de la double connaissance des éloignements et des puissances reçues.

(2) La surface d'une sphère est égal au produit de  $\pi = 3,1416$  par le carré du diamètre.

l'étoile, et en appliquant la loi d'Eddington.

Quant à la radiance, elle découle de la loi de Stefan-Boltzmann, qui exige la connaissance de la température, et celle-ci résulte de la confrontation des divers spectres (fig. 7) ;

2° Leurs densités, qui se calculent immédiatement en divisant la masse (1) par le volume (2).

Il n'est pas exagéré d'affirmer que la connaissance de ces deux données fondamentales a fourni des résultats ahurissants, en parfait accord avec tout le système des recouvrements utilisés jusqu'à ce jour.

Les diamètres des étoiles lumineuses (3) varient communément dans le rapport de 1 à 500 000 ; il y a donc des étoiles qui occupent des volumes 1 milliard de milliards de fois plus grands que d'autres. Les super-géantes, comme Antarès (fig. 9), sont telles que l'orbite de la Terre (ou même de Mars) s'y logerait très facilement à l'intérieur ; les ultraines sont parfois bien plus petites que la Terre... Les grandes tailles, tout particulièrement, paraissent tellement invraisemblables que le célèbre physicien

américain Albert Michelson (1852-1931) voulut en avoir le cœur net : en 1920, à l'observatoire du mont Wilson, en collaboration avec F.-G. Pease, il mit au point une méthode de mesure directe du diamètre des super-géantes, en s'appuyant sur les interférences de la lumière... et il retrouva très sensiblement les valeurs déterminées par les autres méthodes.

En ce qui concerne les densités, nous nous souvenons que celle du Soleil est un peu supérieure à celle de l'eau. Eh bien ! il y a des étoiles dont la densité est 1 million de

(1) Trouvée par l'étude des étoiles doubles ou par la loi d'Eddington.

(2) Lequel s'obtient en multipliant le cube du diamètre par le sixième de  $\pi = 3,1416$ .

(3) Abstraction faite de la kyrielle d'astres morts, dont nous avons déjà dit un mot.

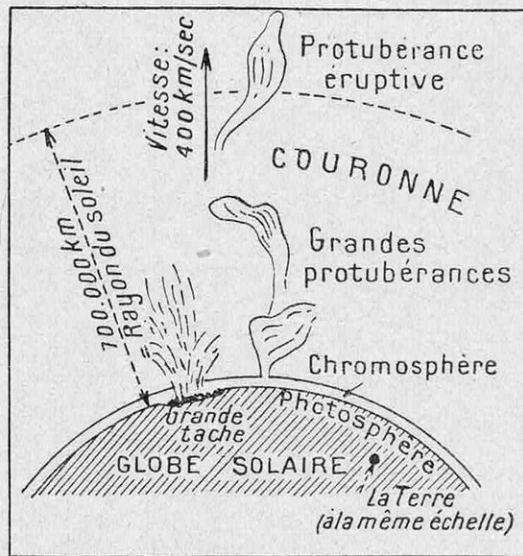


FIG. 11. — L'ATMOSPHÈRE DU SOLEIL

La chromosphère (épaisse de 10 000 km) contient du calcium et de l'hydrogène sous une pression extraordinairement faible. On remarque également une grande tache et plusieurs protubérances, dont certaines, animées de vitesses fantastiques, atteignent une hauteur supérieure au rayon du globe solaire.



fois plus faible et d'autres dont la densité est 25 millions de fois plus forte (1). La palme de la raréfaction appartient une fois de plus aux super-géantes rouges (comme Antarès) ; mais le record de l'entassement est le fait de ces « originales » que sont les naines blanches (comme le compagnon de Sirius). La substance d'Antarès ne peut être comparée comme légèreté et comme transparence qu'au vide qui règne dans les lampes de T. S. F. ; la substance du compagnon de Sirius est telle qu'un dé à jouer, qu'on y découperait, pèserait 60 kg ! Marie Curie avait raison de constater que « les romans paraissent vides et les contes de fées privés d'imagination auprès de ces phénomènes extraordinaires, reliés par des principes rigoureux... ».

Pour fixer les idées, nous avons condensé (fig. 10) les données principales, qui concernent les vingt-deux étoiles les plus brillantes du ciel, classées par « luminosité » décroissante (2), ces vingt-deux étoiles qui apparaissent au premier coup d'œil, sans instrument, dès qu'on lève la tête vers la voûte céleste.

### Couches superficielles et structure interne

Les étoiles se présentent à nous comme des points sans dimensions, et il y a peu d'espoir que nous récoltions prochainement une documentation précise sur les couches superficielles qui séparent leur masse de l'espace ambiant.

Nous pouvons néanmoins raisonner par analogie, en nous souvenant que le Soleil — notre étoile — est un astre très moyen, sur lequel nous savons beaucoup et que, pour le moins, il nous renseigne approximativement sur les étoiles de son type spectral et des types voisins (fig. 7).

Il nous suffira de signaler que le Soleil apparaît comme un disque plat et que, *néanmoins*, c'est une sphère ; que ce disque

a un contour très net et que, *néanmoins*, la pression y varie d'une façon continue, depuis son centre jusqu'aux confins de son atmosphère ; que le rayonnement solaire provient d'une couche dont l'épaisseur n'excède pas 150 km ; que l'atmosphère lumineuse du Soleil a une pression 10 000 fois plus faible que l'air ambiant. La figure 11 reproduit quelques traits caractéristiques de la surface solaire,

*Il ne fait plus aucun doute* que le Soleil est *entièrement* à l'état de gaz, en désignant par « gaz » un état de la matière, dont les constituants sont à des distances énormes par rapport à leurs propres dimensions (1). Il

en est de même, pour *toutes* les étoiles (lumineuses). C'est là une conséquence nécessaire de la théorie de Kelvin-Eddington sur l'équilibre radiatif : le centre des étoiles est à une pression de 500 millions d'atmosphères et à une température de 40 000 000° C ; parmi les radiations, qui les traversent, il y a une proportion notable de rayons X et de rayons gamma.

Quant à la matière en équilibre avec le rayonnement, dans ces régions profondes, elle se trouve à l'état d'atomes isolés (2) et très fortement ionisés : ce sont des noyaux atomiques, qui ne conservent plus autour d'eux qu'un nombre extrêmement faible — ou même nul — d'électrons. Aux divers degrés de dépouillement des atomes correspondent des astres de tailles caractéristiques. Le compagnon de Sirius, dont la densité vaut 60 000 fois celle de l'eau, est formé de noyaux qui ont encore le dixième ou le vingtième de leurs électrons habituels, des électrons qu'ils conservent aux basses températures des planètes ou du vide interstellaire. Une densité égale à 36 000 000 (étoile de Kuiper) n'est même nullement invraisemblable, si l'on admet que leurs noyaux sont tous nus : tous les noyaux atomiques ont, en effet, à peu près la même densité, une densité encore 100 000 fois plus grande

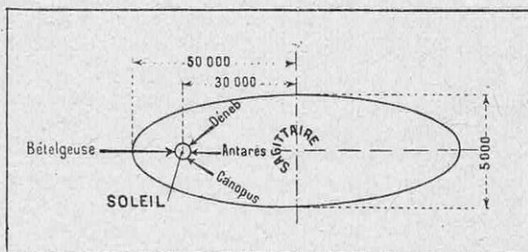


FIG. 12. — LA POSITION RÉELLE DU SOLEIL ET DE QUELQUES ÉTOILES DANS LA VOIE LACTÉE. Les distances sont exprimées en années-lumière. Pour rendre le dessin lisible, les dimensions verticales de la lentille ont été agrandies sept fois (en fait, sa plus grande épaisseur ne dépasserait pas le diamètre du petit cercle). Ce petit cercle est la projection d'une sphère de 700 années-lumière : les quatre étoiles, à la fois très lumineuses et très éloignées, sont à l'intérieur de cette sphère (fig. 10).

(1) Telle est l'étoile découverte par l'astronome hollandais G.-P. Kuiper en 1934.

(2) Plus exactement : par puissance rayonnée décroissante.

(1) Voir, à ce sujet, le paragraphe « Gaz à tous les étages » de notre article d'ensemble sur LE MONDE MATÉRIEL (*La Science et la Vie*, n° 258, page 421

(2) Non combinés sous forme de molécules.

que la matière dont l'étoile de Kuiper est faite ; et cela nous laisse, entre deux noyaux, des intervalles 45 fois plus considérables (1) que leurs dimensions, c'est-à-dire proportionnellement plus grands que ceux que l'on constate entre les constituants (molécules) de l'air ambiant.

Les étoiles nous offrent un splendide champ d'expériences, en nous présentant des conditions extrêmement variées ; et les observations astronomiques sont venues corroborer les résultats inattendus de la microphysique.

### Positions réelles des étoiles

Il n'entre pas dans le plan de cet exposé de nous étendre sur notre « grande patrie », la Voie Lactée, dont le Soleil n'est qu'un modeste citoyen. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'on connaît très exactement ses dimensions (fig. 12) et que la distance moyenne entre deux étoiles voisines est de l'ordre de 5 années-lumière, soit 50 000 milliards de km ; si l'on représentait le Soleil par un grain de plomb, les autres étoiles seraient des grains analogues — rarement des citrouilles (super-géantes) — séparés l'un de l'autre par la distance de Paris à Chantilly, ou de Marseille à Toulon. On en déduit alors que les « concitoyens » du Soleil dans la Voie Lactée sont au nombre de 50 milliards ou de 100 milliards (2).

Il ne faut pas oublier non plus la découverte fondamentale des astronomes suédois Lindblad et Oort (1925-1927), relative à la rotation d'ensemble de la Voie Lactée autour de son centre, ce qui établit la parenté de notre cité d'étoiles avec les dizaines de milliards de galaxies (3) qui constituent l'Univers tout entier. Mais ce qui nous importe pour le moment, c'est que, par une nouvelle application de la loi de Newton, on a pu évaluer la masse totale de notre « grande patrie », qui vaut à peu près 165 milliards de fois la masse du Soleil. Accessoirement, on trouve la masse totale des espaces interstellaires, dont la température est voisine de  $-270^{\circ}\text{C}$ , et dont la densité est 10 000 000

(1) Le nombre 45 est approximativement la racine cubique de 100 000.

(2) En formant une équipe de vingt-cinq volontaires, auxquels on ferait tracer des bâtons pendant quarante ans (à raison d'un bâton par seconde et de huit heures par jour), on réussirait ainsi à leur faire tracer, en tout et pour tout, 1 milliard (un seul milliard) de bâtons...

(3) On en a déjà catalogué 2 millions, dont plus de 100 000 sont connues en détail.

de fois plus faible que les meilleurs « vides » réalisés dans les laboratoires terrestres. Mais le volume de ces espaces est *tellement fantastique* que leur masse est à peu près égale à celle de toutes les étoiles ; la Voie Lactée se subdivise donc en deux portions dont les masses sont sensiblement les mêmes : les étoiles et le « vide » qui les baigne.

Nous jetterons un dernier coup d'œil sur la figure 12.

La Voie Lactée a la forme d'un disque très plat, tel qu'une pièce de cent sous (ses dimensions transversales ont été grossies sept fois pour la clarté du dessin). La place du Soleil y est nettement indiquée ; le petit cercle qui l'entoure représente une sphère de 700 années-lumière de rayon : toutes les étoiles, dites de « première grandeur » (fig. 10), sont à l'intérieur de cette sphère ; on se rappellera également (fig. 1 et 2) qu'en France nous voyons constamment Dénéb (1), souvent Betelgeuse, rarement Antares et jamais Canopus. Le centre de la Voie Lactée se situe dans la constellation du Sagittaire, où, d'après la loi de Newton, la matière, particulièrement dense, fait beaucoup plus de tours que les bords. Le Soleil met 250 millions d'années pour décrire une orbite quasi circulaire, centrée sur le Sagittaire et perpendiculaire au plan de la figure 12 ; il a d'ailleurs — comme toutes les étoiles — un mouvement propre, qui se superpose à la rotation globale de la Voie Lactée

Les conceptions modernes n'ouvrent pas une crise, comme on se plaît parfois à le raconter. Au contraire, elles mettent le point final à une longue lutte, qui avait commencé avec Copernic, entre la science objective et les illusions anthropomorphiques. Les progrès de la science nous conduisent à penser, en opposition avec les idées traditionnelles, que l'homme n'est la mesure de rien : ce n'est pas en nous repliant sur nous-mêmes, dans une introspection stérile ou dans une autarcie aveugle, que nous résoudrons les difficiles problèmes qui nous sollicitent. C'est la connaissance du monde extérieur qui nous permettra de savoir un jour quelque chose du « monde intérieur » — individuel et social —, c'est la science *du tout* qui nous donnera la mesure de l'homme. La civilisation risque de sombrer si ce principe essentiel n'est pas compris à temps.

MARCEL BOLL.

(1) Bien entendu, « constamment » signifie : toutes les nuits sans nuages.



# LA RECHERCHE DU SILENCE, FACTEUR DE PROGRÈS MÉCANIQUE DANS LA CONSTRUCTION AUTOMOBILE

Par Henri PETIT

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

*Dans le mécanisme aujourd'hui si complexe d'un véhicule automobile moderne, les sources de vibrations et de bruits sont nombreuses et souvent difficiles, d'abord à localiser et ensuite à supprimer. Le moteur à explosions constitue incontestablement l'organe générateur par excellence de ces mouvements oscillatoires qui compromettent à la longue la solidité de l'assemblage de la voiture et qui, se communiquant aux masses voisines et à l'air ambiant, engendrent les plus intenses parmi les bruits qui nuisent au confort des passagers. La Science et la Vie a analysé tout récemment (1) leurs causes principales : défaut d'équilibrage statique et dynamique, « thrash » (vibrations de torsion du vilebrequin), rudesse de marche (vibrations du carter), et montré comment les ingénieurs de l'automobile sont parvenus aujourd'hui à résoudre le délicat problème de leur élimination. Mais ce n'est là qu'une première approximation, tout à fait insuffisante à l'heure actuelle : d'autres bruits jusqu'alors masqués par les premiers, parce que de moindre intensité, ont attiré successivement l'attention du technicien sur les organes les plus divers : la transmission tout d'abord (boîte de vitesse et pont arrière), puis les ressorts, les freins, la carrosserie, et même les pneumatiques (sculptures) (2). La recherche du silence en automobile est un problème dont on peut dire qu'il ne sera jamais entièrement résolu et qui, par cela même, doit contribuer efficacement à orienter les travaux des techniciens vers des solutions mécaniques toujours plus poussées et dont le silence de fonctionnement mesurera, en quelque sorte, la perfection.*

**A**u moment où l'usage de l'automobile a commencé à se répandre, au moment surtout où les premières voitures rapides ont fait leur apparition, certains de leurs conducteurs prenaient un plaisir particulier à faire avec leurs véhicules le plus de bruit possible : ce fut le beau temps des échappements libres, qui contribuèrent pour une large part au mauvais renom dont l'automobile a souffert pendant longtemps auprès de ceux qui ne s'en servaient pas.

Mais, depuis que les véhicules mécaniques, cessant d'être de purs instruments de plaisir ou de sport, sont devenus au contraire des moyens de transport d'utilisation courante, journalière et souvent prolongée, la question du bruit a complètement évolué. On s'ingénie à l'heure actuelle, et depuis plusieurs années déjà, à atténuer et à supprimer, quand faire se peut, le bruit de fonctionnement de chacun des organes de la voiture, et l'idéal, pour le constructeur d'une voiture de luxe, c'est de livrer des véhicules qui, même marchant à grande vitesse, permettent cependant à leurs occupants d'entre-

tenir une conversation à mi-voix sans être gênés en rien par le bruit extérieur.

On a pu dire, à juste titre, que le silence de fonctionnement d'un mécanisme, quel qu'il soit, était un critérium de sa perfection. En construction automobile, c'est peut-être plus vrai encore que partout ailleurs, et cependant les sources des bruits possibles dans le mécanisme si complexe qu'est une voiture automobile, sont extrêmement nombreuses et d'ailleurs très variées. Ce n'est que par une étude minutieuse de chacune de leurs causes qu'on a pu arriver à diminuer ces bruits et à les rendre d'abord supportables, puis, plus récemment, pratiquement imperceptibles pour les occupants de la voiture.

Ce n'est d'ailleurs pas par simple snobisme qu'on recherche le silence de fonctionnement des voitures automobiles. C'est une notion d'observation courante que le bruit est une cause de fatigue pour l'organisme de ceux qui y restent soumis pendant longtemps. Il est incontestable, par suite, qu'une randonnée de plusieurs heures dans une voiture parfaitement silencieuse n'impose qu'une fatigue presque nulle à ses occupants, alors

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 51.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 49.

qu'au contraire on descend complètement étourdi, et ayant parfois perdu même le sens de l'équilibre, d'une voiture bruyante qui vous a transporté pendant quelques centaines de kilomètres. La lutte contre le bruit dans la construction automobile est donc tout aussi nécessaire qu'elle s'est révélée dans les agglomérations urbaines. La recherche des moyens techniques mis en œuvre pour vaincre le bruit nous paraît donc présenter un intérêt certain.

Nombreuses, disions-nous, sont les sources de bruit dans une voiture. En premier lieu, les organes mécaniques, et en particulier le moteur, sont les principaux excitateurs de bruit.

Les éléments de la carrosserie qui enferment et protègent les passagers de la voiture provoquent eux-mêmes très fréquemment le bruit et sont, en tout cas, des résonateurs particulièrement puissants pour les bruits qui proviennent d'une autre source.

Enfin, le glissement de la voiture dans l'air, son roulement sur le sol provoquent également des bruits d'origine aérodynamique, bruits qu'on a longtemps négligés, mais dont on commence maintenant à essayer de se rendre maître.

Nous allons examiner successivement les causes principales du bruit dans les voitures, leur origine, et nous exposerons brièvement les moyens jusqu'alors mis en œuvre pour les supprimer, ou au moins essayer de les atténuer quand leur suppression complète ne paraît pas possible.

Le bruit, dans une voiture automobile, est causé soit par une vibration d'organes mécaniques, soit par une série de chocs répétés, soit encore par la vibration des liquides ou des gaz qui contribuent au fonctionnement du moteur ou au sein duquel se déplace la voiture (atmosphère).

### Voici les bruits les plus intenses sur une automobile : les bruits du moteur

Le moteur est incontestablement la source de bruits la plus importante, la plus com-

plexe, et celle qui a donné au constructeur d'automobiles le plus de soucis pour le point qui nous occupe.

Le moteur est un organisme très complexe, qui comporte un certain nombre d'éléments métalliques frottant ou roulant les uns sur les autres, vibrant à certains régimes de fonctionnement. N'oublions pas non plus les fluides en mouvement, tels que l'essence qui alimente le carburateur, l'eau qui refroidit le moteur, l'air qui rafraîchit le radiateur, les gaz carburés qui traversent le carburateur pour pénétrer dans le moteur, les gaz d'échappement qui sont expulsés dans l'atmosphère.

Tout cela, pris individuellement, peut faire du bruit, et en fait effectivement pas mal si de minutieuses précautions ne sont pas prises pour l'empêcher.

Les organes métalliques provoquent du bruit soit par suite de leurs vibrations, soit par suite de chocs. Nous

avons, dans un précédent article (1), étudié les causes principales des vibrations dans les moteurs, ce qui nous permettra de n'y revenir ici que pour les résumer en quelques mots.

Les vibrations des organes des moteurs sont dues aux variations du

couple, au manque d'équilibrage, aux vibrations de torsion dites *thrash*, et enfin à la rudesse de fonctionnement.

Chacune de ces vibrations engendre par influence la vibration des masses voisines et entraîne la vibration de l'air qui entoure les passagers, leur imposant ainsi la sensation du bruit.

Nous avons vu, dans l'article auquel nous faisons allusion plus haut, comment on a cherché à s'affranchir de ces vibrations ou tout au moins à en diminuer l'amplitude. Le travail effectué dans cette voie se trouve particulièrement fécond pour la recherche du silence.

Mais les vibrations ne sont pas seules en cause dans le bruit du moteur. Les chocs agissent également, et certains sont inévi-

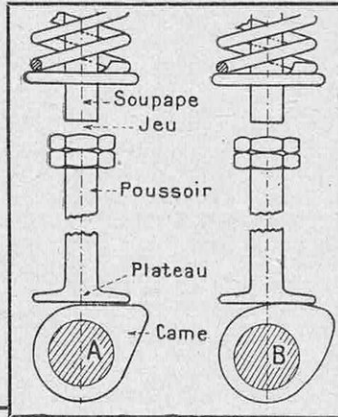


FIG. 1. — COMMENT ON DIMINUE LE BRUIT DE L'ATTAQUE D'UNE SOUPAPE PAR LE POUSSOIR

*Le silence de fonctionnement des soupapes dépend très largement de la forme de la came. En A, la came à flancs rectilignes provoquera vraisemblablement des chocs bruyants entre poussoirs et soupapes. En B, la came à flancs arrondis donnera un fonctionnement plus doux. (L'importance du jeu entre poussoirs et soupapes de même que la courbure des flancs de la came B ont été particulièrement exagérés sur cette figure.)*

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 51.



tables de par la constitution même et le fonctionnement du moteur. D'autres se produisent parce qu'il y a usure, dérèglement ou mauvais fonctionnement.

Dans les chocs que nous appellerons normaux, signalons ceux qui se produisent chaque fois qu'une soupape est attaquée par son poussoir et chaque fois qu'elle retombe sur son siège. On doit laisser normalement quelques dixièmes de millimètre de jeu entre la soupape et son poussoir pour que le clapet puisse se refermer complètement à l'appel du ressort. Pendant que le poussoir, poussé par la came, rattrape le jeu ménagé sous la soupape, il prend de la vitesse et attaque la queue de soupape avec une brusquerie qui cause un choc ; le bruit qui en résulte, connu par les mécaniciens

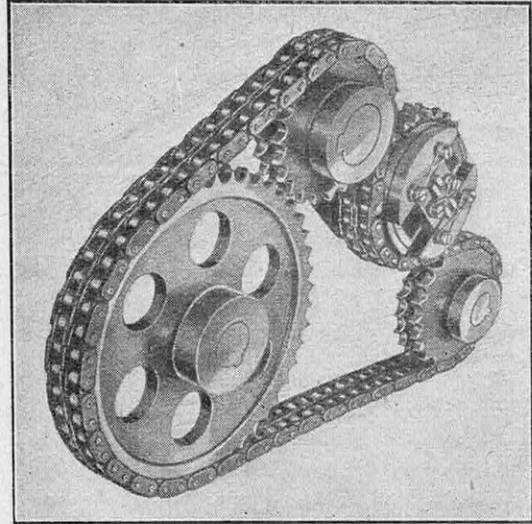


FIG. 3. — CHAÎNE A ROULEAUX POUR LA COMMANDE DE LA DISTRIBUTION ET DES ORGANES ACCESSOIRES DU MOTEUR

*On remplace de plus en plus les pignons par des chaînes à rouleaux (deux ou trois rangées de rouleaux suivant l'importance et la puissance du moteur) qui, fonctionnant dans l'huile, demeurent silencieuses.*

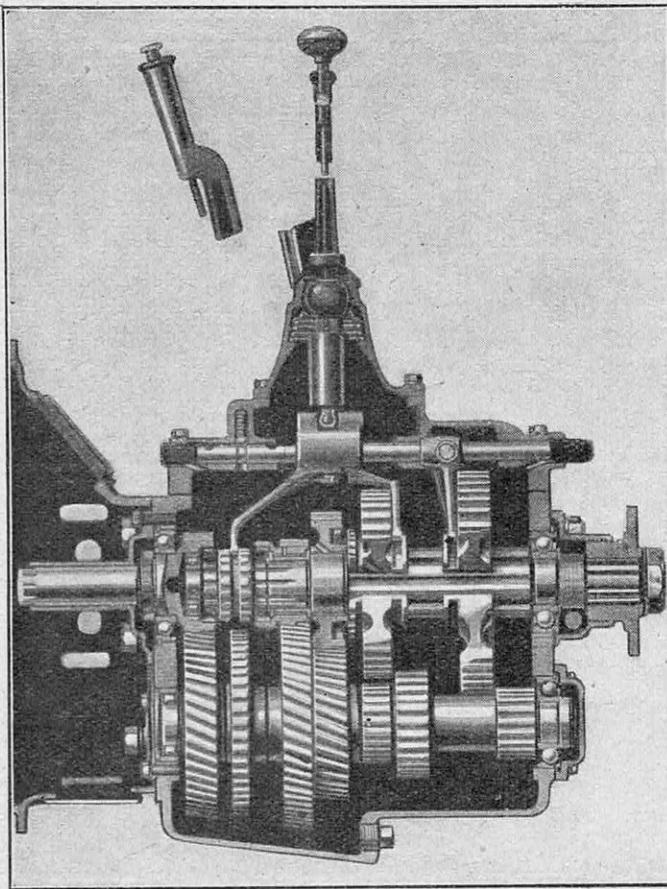


FIG. 2. — BOÎTE DE VITESSES SILENCIEUSE COMPORTANT DES PIGNONS A DENTURE HÉLICOÏDALE

*Le bruit de fonctionnement des boîtes de vitesses est dû pour une bonne part au choc des dentures des pignons au moment où elles entrent en prise. Ce bruit est fortement diminué quand on substitue une denture hélicoïdale à la denture droite. On voit, à gauche de la boîte de vitesses représentée ici, partie antérieure du carter enlevée, un certain nombre de pignons à denture hélicoïdale et, à droite, des pignons à denture droite.*

sous le nom de *bruit de taquet*, est diminué par un tracé convenable du profil des comes grâce auquel la vitesse du taquet à l'attaque est réduite au minimum compatible avec d'autres conditions que l'on doit également observer (fig. 1).

On diminue aussi le bruit en réduisant le jeu entre les poussoirs et les soupapes, et cela est rendu possible par les soins apportés dans l'usinage et aussi par le choix convenable des matériaux pour les soupapes et les cylindres.

Enfin, ce bruit qu'on ne peut qu'atténuer, mais non pas supprimer, est rendu imperceptible à l'usager du moteur parce qu'on enferme soigneusement tout le mécanisme de distribution dans des carters que, par surcroît de précaution, on remplit parfois d'huile. Le bruit de taquet n'est, par suite, perceptible que lorsqu'il y a dérèglement.

Le bruit de sirène que produisent deux engrenages en fonc-

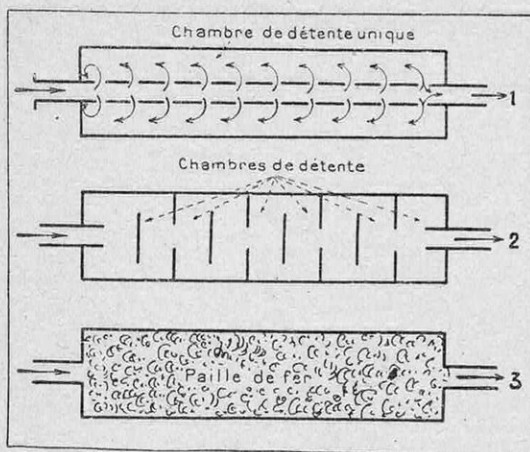


FIG. 4. — QUELQUES FORMES DE POTS D'ÉCHAPPEMENT

En 1, pot à chambre de détente unique. Il est traversé par le tuyau qui porte simplement des ouvertures latérales. — En 2, chambres de détente multiples limitées par des cloisons en chicane. — En 3, pot d'échappement rempli de paille de fer qui étouffe très bien les bruits. Ces derniers pots ont été utilisés au début de l'automobile : malheureusement, la paille de fer est assez rapidement pulvérisée et entraînée par les gaz d'échappement.

tionnement est provoqué, lui aussi, par des chocs, lorsqu'une dent d'un pignon entre en contact avec la dent correspondante de l'autre pignon.

Là encore, c'est par le choix du tracé de la denture des pignons, et surtout par le soin extrême apporté dans leur taille, que l'on peut diminuer le bruit.

Le choc sera naturellement moins important si la dent de l'engrenage, au lieu d'être rectiligne, a un profil courbe ; dans ce cas, ce choc, au lieu de se produire sur toute la longueur de la dent, ne se fera que sur un des points, à un moment où la charge unitaire se trouve faible. C'est pourquoi on a remplacé partout où on l'a pu les pignons à denture droite par des pignons à denture hélicoïdale ; nous constaterons, en particulier, ce fait dans les boîtes de vitesses.

Pour la commande de distribution des moteurs et aussi la commande des organes accessoires, on a maintenant presque toujours abandonné les pignons pour les remplacer par une transmission par chaînes, généralement des chaînes à rouleaux que l'on fait fonctionner dans l'huile pour éviter l'usure et aussi atténuer le bruit. D'ailleurs, le tout est toujours enfermé dans un carter qui a pour but non seulement de protéger l'organe en fonctionnement, mais aussi d'empêcher le bruit de se transmettre à l'extérieur. Quand on conserve les pignons,

on remplace, pour l'un d'entre eux, l'acier par une matière insonore constituée par un assemblage de tissus noyés dans des résines synthétiques.

Parmi les bruits anormaux, signalons le claquement des pistons sur la paroi des cylindres quand le jeu est excessif entre pistons et cylindres ; ce bruit est, très généralement, perceptible dans les moteurs un peu usagés, surtout à froid : à ce moment, en effet, le piston — dont le métal a un coefficient de dilatation plus élevé que celui du cylindre — ne s'est pas encore dilaté assez pour ramener le jeu à sa grandeur correcte.

Un bruit dont on a cherché longtemps l'origine, mais qui est bien connu maintenant, est le *cliquetis* du moteur, qui est provoqué par le choc de l'onde de combustion des gaz dans la culasse contre les parois mêmes de cette culasse. C'est un bruit à allure essentiellement métallique. Et c'est peut-être pour cela qu'on a cru longtemps qu'il était dû au choc de deux organes solides, alors qu'en réalité il est dû au choc du gaz contre le métal. Le cliquetis se rencontre très fréquemment dans les moteurs modernes, chaque fois que le moteur est encrassé ou que, simplement, la nature du combustible et l'avance à l'allumage ne sont pas appropriées au dessin du moteur.

Il y a également des bruits très anormaux que l'on constate dans les moteurs présentant une usure considérable : tels sont les chocs dans les pieds et les têtes de bielles. Un moteur qui fait entendre des bruits de ce genre nécessite une réparation.

Les bruits provenant du mouvement des gaz provoqué par le fonctionnement du

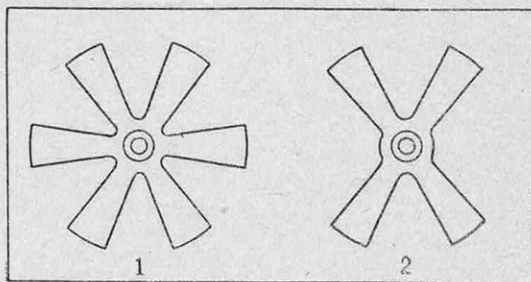


FIG. 5. — POUR RENDRE MOINS BRUYANT LE RONFLEMENT DU VENTILATEUR

Le ventilateur qui tourne très vite produit souvent un ronflement gênant. On a cherché à diminuer ce bruit et on est même arrivé à le supprimer en utilisant, dans certains cas, des ventilateurs à pales inégalement espacées. A gauche, en 1, ventilateur de forme classique. A droite, en 2, ventilateur dont les pales sont inégalement réparties.



moteur sont parmi les plus importants et, souvent, parmi les plus difficiles à supprimer ou même à réduire. Celui qui a tout de suite été l'objet de recherches, dès les premiers âges de la construction automobile, c'est le bruit d'échappement ; il est provoqué par le choc des gaz brûlés, qui s'échappent du cylindre à une pression de l'ordre de 3 ou 4 kg/cm<sup>2</sup>, contre l'air atmosphérique.

Pour le faire disparaître, ou au moins l'atténuer, on cherche à transformer l'écoulement pulsatoire des gaz d'échappement en écoulement continu, en permettant à ces gaz de se détendre dans un organe appelé « pot d'échappement » ou « silencieux » : le pot d'échappement comporte des cloisons et des chambres de détente judicieusement disposées, et le gaz qui s'en échappe a un mouvement sinon uniforme, tout au moins continu. Le pot d'échappement, pour remplir son office, doit en outre avoir des

parois assez épaisses et insonores pour qu'elles n'entrent pas elles-mêmes en vibration par suite des chocs internes des gaz brûlés. S'il est relativement facile d'avoir des pots d'échappement silencieux, il est, par contre, très difficile que, dans ces conditions, ils ne diminuent pas, d'une façon souvent très appréciable, la puissance du moteur.

L'air qui pénètre dans le carburateur et qui, après carburation, se rend dans les cylindres, est animé, lui aussi, de mouvements saccadés : il accélère son mouvement chaque fois qu'une soupape d'aspiration s'ouvre, et se trouve brusquement arrêté quand cette même soupape se ferme, d'où un bruit important, parfois analogue à celui de l'échappement. D'autre part, quand l'air traverse le carburateur, il produit un sifflement caractéristique qu'on a cherché à

éliminer : les bruits d'aspiration sont maintenant efficacement combattus par l'utilisation de silencieux d'aspiration qui trouvent leur place sur tous les moteurs modernes.

Le ventilateur, qui provoque le mouvement de l'air à travers le radiateur, est une source de bruits non négligeable. Il entre, en effet, très souvent en vibration et, comme il tourne très vite, ces vibrations sont souvent difficiles à éviter. On a obtenu des résultats intéressants du point de vue silence du ventilateur en répartissant irrégulièrement ses pales

autour de son moyeu, et en fabriquant ces pales d'une façon très rigide : les ventilateurs bruyants étaient en effet souvent constitués par de la tôle mince.

Certains moteurs particuliers font entendre des bruits connus seulement d'un petit nombre d'initiés : tel est, par exemple, le bruit dit « de sifflet » que l'on entend lorsqu'on prête attentivement l'oreille à côté d'un moteur

sans soupapes qui fonctionne au ralenti.

Ce bruit est dû à la vibration de l'air carburé au moment où il pénètre dans chacun des cylindres par l'orifice, alors très étroit, qui s'ouvre entre les fourreaux de distribution.

On est arrivé en général, pour le fonctionnement du moteur, à un très haut degré de silence, au moins pour les moteurs des voitures de luxe. On a même quelque peu exagéré, dans certains cas, cette recherche du silence, car, chaque fois qu'on supprime un bruit, on en découvre un autre plus faible que le bruit primitif masquait jusqu'alors. C'est ainsi que nous avons vu, par exemple, un service de contrôle particulièrement difficile refuser d'accepter un moteur (de grand luxe, il est vrai) où l'on entendait, quand il fonctionnait à l'extrême ralenti, le bruit du

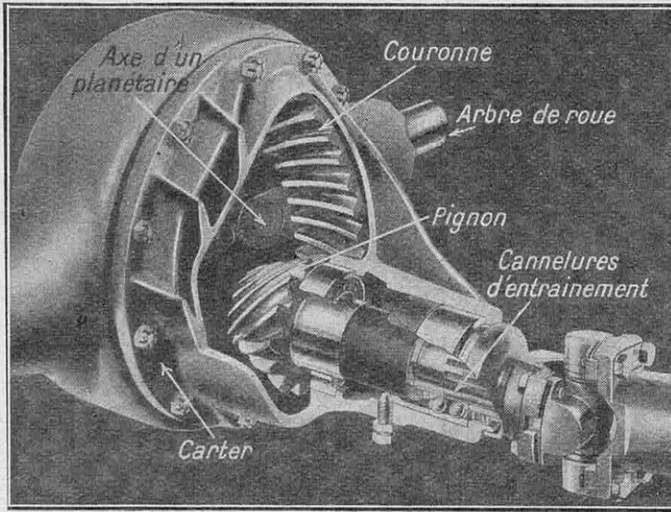


FIG. 6. — PONT ARRIÈRE A PIGNONS HYPOÏDES

*De même que dans les boîtes de vitesses, on a cherché à supprimer le bruit de fonctionnement des engrenages dans les ponts arrière en substituant aux engrenages coniques à denture rectiligne des engrenages à denture courbe. Dans le pont à pignons hypoides, les axes géométriques des deux engrenages ne se rencontrent pas, ce qui permet d'abaisser l'arbre de transmission.*

rupteur de la magnéto retombant sur le grain fixe. Ce bruit n'était guère plus considérable que celui de l'échappement d'une montre.

### **Transmissions bruyantes et transmissions silencieuses**

Si le moteur est, en quelque sorte, le chef d'orchestre des bruits d'une voiture, la transmission est un exécutant non négligeable ; la boîte de vitesse, en particulier, a été très longtemps un des organes les plus bruyants de la voiture ; les pignons, qui en sont les éléments utiles, entrent en vibration à la suite des chocs auxquels leur denture est soumise. Les arbres portant ces pignons vibrent à leur tour et, souvent, le carter qui enveloppe le tout forme résonateur.

Un très grand progrès a été fait dans le silence des boîtes de vitesses quand on a remplacé les pignons à denture droite par des pignons à denture hélicoïdale, ce qui a d'ailleurs provoqué une modification profonde de la construction même de ces organes (pignons toujours en prise et embrayage par crabots).

Le pont arrière, qui comporte un couple de pignons coniques, a été, lui aussi, très longtemps bruyant, tant qu'il a été constitué par des pignons à denture rectiligne. Le plus grand progrès du point de vue silence dans les ponts a été fait soit par la transmission à vis et roue tangente, soit, plus généralement, par substitution des pignons coniques à denture hélicoïdale aux pignons à denture droite. Les pignons à denture hélicoïdale sont connus généralement sous le nom de pignons « Gleason », du nom de la première machine qui a permis de les tailler.

Les pignons hypoïdes, dont l'usage se répand, ne sont qu'un cas particulier des pignons coniques à denture hélicoïdale.

Pour être complet quant aux bruits mécaniques, il faudrait parler encore des ressorts qui grincent quand leurs lames mal graissées glissent les unes sur les autres, les amortisseurs où se produisent des chocs, des tambours de freins qui vibrent et crient quand on applique les freins. Mais on ne saurait tout examiner, et, d'ailleurs, on peut dire qu'il n'y a pas un organe de la voiture qui ne puisse éventuellement être une source de bruits ; nous devons donc nous contenter de parler des principaux.

### **Bruits de carrosserie : frottements mécaniques, frottements aérodynamiques**

Les carrosseries — qui sont toujours, à l'heure actuelle, constituées par des tôles

soudées et assemblées — peuvent provoquer le bruit et l'amplifier. Les bruits de carrosserie sont de deux natures : soit des bruits provenant d'un glissement ou d'un très léger déplacement de deux éléments voisins (deux tôles frottant l'une sur l'autre, une tôle glissant sur une tringle, etc.), soit des bruits de vibration des éléments mêmes de la caisse.

Dans le premier cas, on peut toujours, après avoir découvert la source de bruit (ce qui n'est pas forcément facile), la faire disparaître soit en fixant l'un contre l'autre les deux éléments qui jouent, soit en introduisant entre eux un lubrifiant. En particulier, rappelons qu'il est d'usage courant, à l'heure actuelle, dans les stations-services, d'injecter sous pression d'air des huiles très pénétrantes sous la caisse du véhicule ; le brouillard ainsi projeté lubrifie les parties de carrosserie ou du châssis susceptibles de produire des crissements.

L'appareil qui exécute cette partie de l'entretien s'appelle du nom suggestif d'*antirouille*.

Le bourdonnement des tôles de carrosseries, qui entrent en vibration sous l'effet d'excitations extérieures, est extrêmement gênant pour les occupants, et on s'ingénie à l'empêcher de se produire. Pour cela, on cherche à raidir les panneaux de tôle pour rejeter leur période propre de vibration au delà de la période des causes d'excitation possible, ou bien on recouvre ces tôles de certaines peintures en couches épaisses, peintures contenant parfois du liège pulvérisé ou tel autre élément afin d'assourdir au maximum la vibration désagréable.

À côté des bruits de carrosserie, nous devons placer les bruits provoqués par le glissement de la voiture dans l'air. L'air de l'atmosphère, mis en mouvement par les aspérités de la caisse, tourbillonne, siffle et, lorsqu'il y a une solution de continuité dans un élément de la voiture, on perçoit un bruit parfois assourdissant : c'est ce qui se produit, par exemple, quand, à grande vitesse, on entr'ouvre la glace du pare-brise.

À propos des bruits du vent, on a, avec l'application récente des formes vraiment aérodynamiques des carrosseries de voitures, fait une remarque particulièrement intéressante : quand une voiture a une forme telle qu'elle pénètre dans l'air sans provoquer de tourbillonnement, autrement dit quand l'écoulement d'air autour d'elle se fait sous la forme laminaire, tout bruit disparaît. Et c'est une sensation remarquablement reposante que de rouler ainsi à grande vitesse dans



un silence complet. Il est vrai que la disparition absolue du bruit du vent à grande vitesse permet de percevoir une multitude de bruits moins importants, qui se trouvaient masqués jusqu'alors et que l'on doit obligatoirement pourchasser et supprimer, tant leur présence semble désagréable après la suppression du bruit qui les dominait tous.

### L'influence de la sculpture des pneus sur les bruits de roulement

En terminant cet examen rapide des bruits de la voiture, nous devons parler du bruit de roulement des pneus sur le sol.

Ce bruit est, sinon d'origine, tout au moins d'observation relativement récente. Son étude ne date guère que d'une vingtaine d'années au maximum.

On l'a remarqué à partir du moment où les routes se sont améliorées jusqu'à présenter une surface que l'on peut considérer comme presque complètement unie. Auparavant,

en effet, quand les routes étaient rugueuses et que, d'autre part, les pneus utilisés présentaient une surface sensiblement continue, ce bruit n'existait que fort peu et était, dans tous les cas, complètement dominé par le bruit du glissement du pneu sur le gravier qui, lui, était inévitable.

D'ailleurs, depuis cette époque, le silence général de la voiture s'est amélioré et le bruit de pneu est devenu non seulement perceptible, mais, dans certains cas, fort gênant.

Le bruit des pneus comporte deux éléments constitutifs si nous pouvons dire : un bruit de choc et un bruit de ventouse.

Considérons un pneu qui roule sur une route unie. Chacun des éléments de la bande de roulement décrit une cycloïde. Or, on sait que la tangente à la cycloïde, à chacun de ses points de rebroussement, est verticale. Donc, l'élément de bande choque verticalement la route au moment où il prend contact avec elle — ou à peu près verticalement seulement, en raison de la déformation du pneu au voisinage du sol (fig. 8).

Si donc la bande de roulement est discontinue et comporte, en particulier, des arêtes perpendiculaires au grand cercle de la roue, ces chocs vont se répéter chaque fois qu'une de ses arêtes viendra en contact avec le sol des routes. Ils seront d'autant plus réguliers que le revêtement de la route sera plus uni et auront, par suite, d'autant plus de chances de provoquer un bruit continu que la route sera meilleure.

Le bruit de choc des pneus dépend donc essentiellement de la forme de la bande de roulement et de la qualité du sol.

Comme on ne peut que souhaiter voir le revêtement des routes devenir le plus uni possible, c'est

sur la bande de roulement seule que l'on peut agir pour atténuer ou faire disparaître ce bruit.

On y est arrivé d'une façon très suffisante en supprimant la discontinuité de la bande de roulement dans le sens transversal. Les pneus modernes, quelle que soit

d'ailleurs leur marque, comportent maintenant toujours une bande continue à l'équateur de la bande de roulement et, de la sorte, les chocs sur le sol ont pratiquement disparu.

Le bruit de ventouse a une origine très différente et se produit quand la bande de roulement du pneu comporte des alvéoles creuses dont les parois sont continues. Au moment où ces alvéoles viennent en contact avec le sol, l'air qui s'y trouve occlus s'échappe partiellement en raison de l'écrasement du caoutchouc. Dès lors, l'alvéole se trouve appliquée sur le revêtement uni de la route, absolument comme une ventouse, et, au moment où la région qui la porte se sépare du sol de la route par suite du roulement de la roue, la pression atmosphérique se rétablit brusquement dans l'alvéole et on perçoit le bruit du choc de l'air contre les parois de celle-ci.

Pour faire disparaître le bruit de ventouse, il faut, naturellement, éviter de disposer des alvéoles sur la bande de roulement, ce qu'on arrive à faire par un dessin convenable de

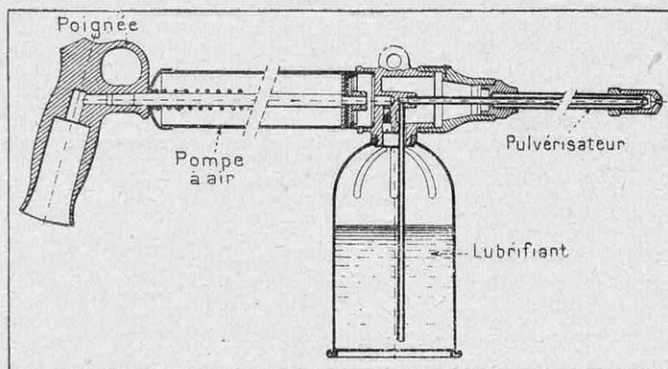


FIG. 7. — PULVÉRISATEUR D'HUILE A AIR COMPRIMÉ DIT « ANTIROSSIGNOL »

*Le brouillard de lubrifiant projeté dans les points les moins accessibles de la voiture évite tout bruit de frottement.*

celle-ci. La figure 9 représente une bande de roulement ancienne et une bande moderne. Dans la première, une certaine partie comporte précisément des alvéoles à parois latérales continues. D'autre part, les blocs centraux, et surtout les blocs latéraux de caoutchouc placés au milieu des alvéoles, produisent l'effet de choc dont nous parlions tout à l'heure. Ce profil donnait des pneus particulièrement bruyants.

Au-dessous est représentée la bande de roulement d'un pneu moderne dans laquelle toute alvéole à paroi continue a été soigneusement évitée, et où des nervures sensiblement continues assurent un roulement régulier avec le minimum de bruit de choc.

Le problème du pneu silencieux est beaucoup moins aisé à résoudre qu'on ne se l'imagine tout d'abord : c'est qu'en effet un pneu doit, avant tout, donner à la voiture une adhérence maximum avec le sol, et, pour cette raison, on est conduit à adopter des bandes de roulement plus ou moins évidées (ce qu'on appelait autrefois, il n'y a pas bien longtemps, des pneus sculptés).

Le choix de la forme des sculptures — qui paraît, au début, avoir été laissé à la fantaisie des différents constructeurs — présente une importance considérable du point de vue adhérence du pneu sur le sol. Cette importance n'est pas moindre, comme nous venons de le voir, du point de vue silence. Il s'agit de concilier les deux fonctions, ce qui n'est pas toujours très facile.

Quand un pneu presque complètement lisse, par suite d'usure, porte des stries transversales très rapprochées (pneu adérisé), il fait

entendre un bruit, d'ailleurs assez discret mais bien caractéristique, qui a pour unique origine le choc des lèvres des traits de scie sur le sol : ce bruit est très aigu et sa hauteur musicale augmente naturellement en même temps

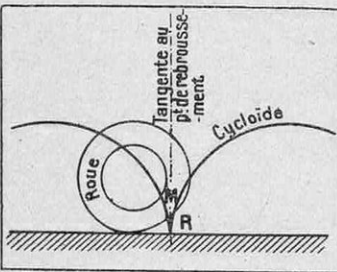


FIG. 8. — POURQUOI LE PNEU « FRAPPE » LE SOL. Au moment où un élément de la roue rencontre le sol, il y a choc : en effet, la trajectoire de cet élément M, qui est une cycloïde (courbe décrite par un point d'une circonférence qui roule sans glisser), a une tangente de rebroussement en R normale à la route, ce qui signifie que l'élément de bandage frappe le sol verticalement.

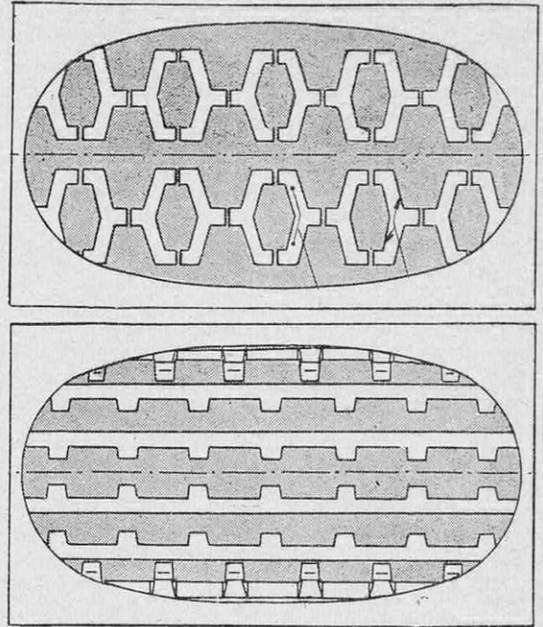


FIG. 9. — EMPREINTES SUR LE SOL D'UN PNEU D'UN TYPE ANCIEN (EN HAUT) ET D'UN PNEU MODERNE SILENCIEUX (EN BAS)

Le bruit des pneus sur le sol dépend, pour une large part, de la forme de la bande de roulement. Celle qui est représentée en haut donne un fonctionnement bruyant, d'une part parce qu'elle comporte des alvéoles qui provoquent, au moment où elles se détachent de la route, le bruit de ventouses et, d'autre part, des éléments transversaux qui produisent un bruit de choc au moment où ils prennent contact avec le sol. La bande de roulement de pneu du bas est à fonctionnement silencieux. D'une part, on a soigneusement évité les alvéoles et, d'autre part, les bandes parallèles au grand cercle de la roue sont continues, de telle sorte que les chocs et par suite les bruits qu'ils engendrent sont évités.

que la vitesse. Son intensité est d'ailleurs très faible, de sorte qu'il passe souvent inaperçu.

On entend de même un bruit de choc, inévitable celui-là, lorsque, même avec des pneus parfaitement étudiés du point de vue silence, on aborde une section de route portant des protubérances régulièrement espacées. C'est le cas, par exemple, d'une route revêtue en petits pavés.

Nous ne saurions passer sous silence, à propos du bruit des pneus, le crissement caractéristique qu'ils font entendre quand une voiture vire trop vite ou est soumise à un coup de frein qui bloque une ou plusieurs roues. Ce bruit provient du frottement du caoutchouc sur le sol. Il est d'autant plus intense et facile à provoquer que le pneu est moins gonflé. La nature de la gomme et peut-être aussi la forme de la bande de roulement jouent aussi leur rôle, car les pneus



de certaines marques sont sensiblement plus bruyants dans les virages que d'autres.

### Un problème qui ne sera jamais entièrement résolu

On le voit, l'obtention du silence complet dans le fonctionnement d'une voiture automobile est à peu près impossible à réaliser complètement, au moins pour les allures rapides de la voiture. S'il est relativement aisé d'avoir une voiture parfaitement silencieuse à allure réduite (inférieure par exemple à 60 km/h), on peut affirmer qu'il n'existe pas actuellement de voiture tout à fait silencieuse à 100 ou 120 km/h.

Reconnaissons avec satisfaction que le silence de marche, même à allure élevée, a fait, depuis quelques années, des progrès très considérables, mais nous croyons qu'on peut admettre que la recherche du silence

ne sera jamais terminée puisque, ainsi que nous l'avons fait remarquer au cours de cet exposé, quand on est arrivé à faire disparaître ou même à atténuer suffisamment un bruit particulièrement important, on découvre immédiatement toute une série d'autres bruits moins intenses, mais qui, paraissant seuls subsister, deviennent, à leur tour, gênants. Et, n'en doutons pas, quand on aura enfin fait disparaître ces bruits, on en découvrira d'autres, et cela jusqu'à une limite qu'il est impossible de prévoir. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'à l'heure actuelle les voitures de bonne construction, en bon état d'entretien, sont très suffisamment silencieuses pour ne pas imposer à leurs passagers une gêne ou une fatigue excessives, même lorsque l'on entreprend des randonnées de très longue durée.

HENRI PETIT.

En 1938, la production mondiale de fibres textiles artificielles a dépassé au total un milliard de kilogrammes, dont le cinquième environ, soit 200 millions de kilogrammes, est revenu à l'Allemagne (1). La matière première que transforme la puissante industrie moderne des textiles de synthèse existe, dans le monde, en quantités pratiquement inépuisables. Il s'agit principalement du bois et, dans les pays qui en disposent, des déchets de coton ; suivant les procédés mis en œuvre, les opérations industrielles de fabrication exigent également en quantités importantes soit du soufre (fibres de viscose), soit de l'acide acétique (fibres à l'acétate). Ces deux produits existent en abondance ; le premier s'extrait des gisements de pyrites ou, pour les pays qui en sont dépourvus, des gaz de fours à coke ; quant à l'acide acétique, il constitue un dérivé du carbure de calcium préparé au four électrique, à partir de la chaux et du charbon, matières universellement répandues.

Les fibres artificielles précédentes sont d'origine végétale ; on sait qu'il en existe d'autres d'origine animale, préparées à partir des matières albuminoïdes du lait (lanital) ou des poissons. Il est probable que ces fibres douées de propriétés précieuses, au lieu d'être filées et tissées seules, seront de plus en plus à l'avenir mélangées aux autres fibres d'origine végétale pour donner des produits intermédiaires qui n'existent pas dans la nature. En outre, nous allons voir apparaître prochainement des fibres textiles entièrement nouvelles dont l'origine ne sera ni animale, ni végétale. Déjà *La Science et la Vie* a signalé récemment l'apparition des tissus en fils de verre, incombustibles, inattaquables aux acides, et doués d'une grande résistance mécanique. Voici que l'on envisage maintenant de fabriquer de nouveaux textiles à l'aide de résines synthétiques. De telles fibres, mélangées avec les autres produits déjà existants, naturels ou artificiels, seraient susceptibles de donner des tissus d'aspects entièrement nouveaux. Rappelons que la fabrication de ces fibres en résines synthétiques réaliserait vraiment une synthèse totale, par voie purement chimique, puisque les matières premières mises en œuvre pourraient être uniquement, mis à part les gaz de l'air, le charbon et la chaux, les mêmes que pour la fabrication du caoutchouc artificiel.

En 1937, la production mondiale de fibres artificielles a atteint 60 % de celle de la laine naturelle ; en 1938, elle a dépassé 75 %. Attendons-nous, dans peu d'années, à voir la laine naturelle céder le pas aux textiles de synthèse.

(1) Voir *Automobiltechnische Zeitschrift*, n° 12-1938.

# LA COURSE AU CALIBRE ET A LA PUISSANCE DE L'ARTILLERIE DE D. C. A.

Par Camille ROUGERON

INGÉNIEUR EN CHEF DU GÉNIE MARITIME (C. R.)

*Pour atteindre un avion volant à quelque 400 km/h et naviguant à quelque 10 000 m d'altitude — performances dès aujourd'hui réalisables et qui seront sans doute dépassées dans un avenir prochain, — l'artillerie de défense contre avions (D. C. A.) doit posséder non seulement une portée suffisante, mais encore une durée de trajet (celle de l'obus sur sa trajectoire entre la bouche et le but) aussi réduite que possible. Cette dernière condition est absolument impérative si le tir contre avion rapide doit avoir la moindre efficacité. Les matériels actuellement en service ne répondent, sauf rares exceptions, à aucune de ces conditions qui exigent à la fois un calibre important et une vitesse initiale élevée. L'artillerie de D. C. A. moderne devrait donc être une véritable artillerie lourde. C'est ce qu'ont compris aujourd'hui la plupart des grandes puissances militaires, entre lesquelles se dessine déjà une véritable course à la puissance de l'artillerie contre avions, analogue à la course au tonnage pour les bâtiments de ligne. Du 75 mm français au 88 mm allemand, puis au 114 mm anglais, il semble que l'on doive rapidement atteindre des calibres de l'ordre de 120 mm et peut-être plus, suivant l'exemple donné par la marine avec les 130 mm du Dunkerque et les 152 mm du Richelieu. Cela n'exclut pas, bien entendu, les pièces moins puissantes, mais à débit rapide (canons automatiques, mitrailleuses), auxquelles incombera l'interdiction du vol aux faibles altitudes et, par conséquent, la protection des points stratégiques de dimensions limitées : postes de commandement, ouvrages d'art, etc.*

## Les enseignements de la guerre d'Espagne

**E**N matière d'artillerie antiaérienne, les enseignements de la guerre d'Espagne sont aujourd'hui incontestés.

Après quelques semaines où la D. C. A. nationaliste fut aussi mal partagée en artillerie qu'en aviation, apparurent chez Franco les premières batteries de pièces de 88 mm à grande vitesse initiale en service dans l'armée allemande. Ce matériel, qui, depuis plusieurs années, provoquait l'admiration des visiteurs étrangers auxquels il était présenté, allait bientôt faire ses preuves.

Dès son arrivée en Espagne, les expéditions de bombardement gouvernementales sur les arrières nationalistes, qui s'étaient déroulées jusque-là sans pertes sensibles pour l'assaillant, se trouvèrent brusquement interrompues. On s'était habitué, en l'absence de toute réaction d'artillerie, à descendre vers 2 000 ou 3 000 m, à réduire la vitesse pour lâcher ses bombes, à ne procéder à cette opération qu'après des mesures précises durant plusieurs minutes. Les avions qui lançaient dans ces conditions furent

abattus à la première salve de 88. Les survivants se décidèrent à naviguer et à lancer plus haut. Les pertes, bien que moins nombreuses, continuèrent, en même temps que baissait le rendement des expéditions. Très rapidement, l'aviation gouvernementale, ayant mis en balance les résultats qu'elle obtenait et les risques qu'elle courait, renonça presque complètement au bombardement. Par leur seule artillerie de D. C. A., les nationalistes étaient parvenus à protéger leurs arrières.

La même guerre d'Espagne fournit la contre-épreuve,

A mesure que l'aviation nationaliste recevait des appareils, elle s'enhardit à imiter l'adversaire dans ses bombardements d'arrière. L'artillerie gouvernementale n'était guère en mesure de s'y opposer. Elle se composait d'un nombre assez réduit de pièces de 75 mm, à vitesse initiale modérée, dont les caractéristiques étaient celles de la plupart des artilleries de D. C. A. en service dans les pays autres que l'Allemagne. Ce matériel n'avait pas le plafond suffisant pour tirer sur des avions moyennement chargés, avec moteurs à compresseur, lors-



qu'ils se décidaient à naviguer ou lancer à haute altitude ; il n'était pas davantage en mesure d'exécuter un tir puissant et juste contre les avions qui se risquaient à moyenne altitude. A aucun moment, cette artillerie ne fut donc un obstacle sérieux. Par contre, les expéditions de bombardement nationalistes rencontrèrent en face d'elles une chasse gouvernementale active, munie d'un matériel qui, à la fin de 1937, pouvait être considéré comme remarquable et qui, aujourd'hui encore, est un adversaire dangereux pour les bombardiers qu'il rencontre. Cette chasse suffit à interdire l'exécution régulière des expéditions de bombardement à grande profondeur dans les arrières gouvernementaux.

Mais, chaque fois que l'artillerie de D.C.A. de moyen calibre et de vitesse modérée que les gouvernements aux ont réduits à opposer aux bombardiers nationalistes se trouve seule, son impuissance est complète.

C'est le cas, évidemment, lorsque l'attaque peut être faite à une altitude supérieure au plafond de l'artillerie de la défense. La justesse du bombardement reste acceptable si l'objectif est étendu : grande ville, ensemble de navires dispersés au mouillage. Cette tactique a été fréquemment em-

ployée contre les villes gouvernementales du littoral méditerranéen.

Mais, fréquemment, les expéditions nationalistes se sont présentées dans la zone d'action possible de l'artillerie. L'insuffi-

sance de celle-ci tient alors à l'inefficacité de son tir contre un adversaire beaucoup trop rapide pour la durée de trajet des projectiles qu'elle lui envoie.

Il est un troisième aspect de l'insuffisance de ce type d'artillerie qui est particulier à la défense contre les attaques venant du large. Contre un objectif en bordure immédiate de la côte, l'avion qui approche à 450 km/h et 6 500 m d'altitude peut lancer ses bombes à 4 500 m de distance. A supposer même l'alerte donnée en temps utile, il a le temps d'approcher, de lancer, de faire demi-tour et de s'éloigner suffisamment du projectile que l'artillerie adverse lui destine pour n'avoir prati-

quement rien à en craindre. Il se trouve hors de portée avant l'arrivée de l'obus.

### Le calibre

La guerre d'Espagne, sur tous ces points, s'est bornée à confirmer, par une expérience irrécusable, des conclusions que le raisonnement, les écoles à feu d'exercice, l'examen du

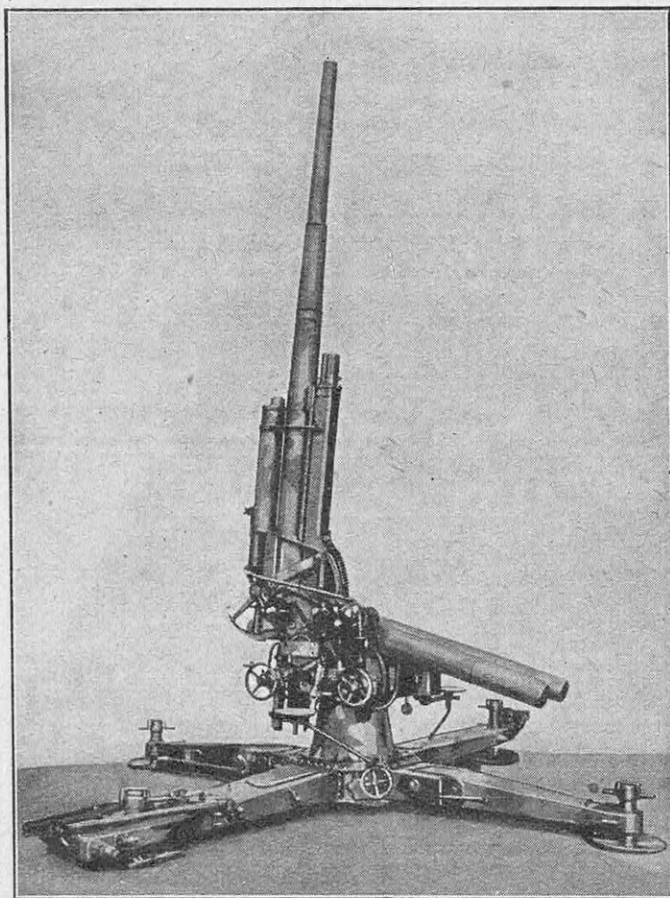


FIG. 1. — CANON KRUPP DE 88 MM EN POSITION DE TIR  
*Cette photo représente l'un des matériels allemands de 88, avec affût quadriflèche, en position de tir, au pointage maximum de + 85°. Le matériel est nettement moins puissant que le matériel Schneider de 90 mm représenté sur les figures 4 et 5 ; la cartouche pèse seulement 14,5 kg et le chargement se fait à bras. On notera le report de l'axe des tourillons à l'extrémité arrière du châssis et l'équilibreur double compensant la prépondérance du poids de la volée. Les caractéristiques du matériel sont données dans la légende de la figure 2. On jugera des dimensions de la pièce par son poids en batterie (5 150 kg) et par la longueur du tube (4 m 92, soit 56 calibres).*

matériel de D. C. A. des marines de guerre et des rares armées qui avaient suivi l'exemple des marines auraient dû suffire à établir.

Le choix du calibre est d'une importance primordiale pour le rendement d'un matériel contre avions.

On ne pouvait tirer, jusqu'à ces dernières années, aucun enseignement sérieux des choix faits par les armées de terre.

Dans tous les pays qui participèrent, dans

Les armées des empires centraux n'étaient pas mieux partagés. Les clauses militaires du traité de Versailles, qui limitaient à la fois le nombre et le calibre des pièces, leur interdisaient l'emploi d'une artillerie de D. C. A. en rapport avec les progrès du matériel aérien, et qui eût été de l'artillerie lourde. L'Allemagne fut le premier pays où l'on s'aperçut de l'insuffisance des calibres voisins du 75 pour l'artillerie antiaérienne. Dès 1918, la marine allemande installa à

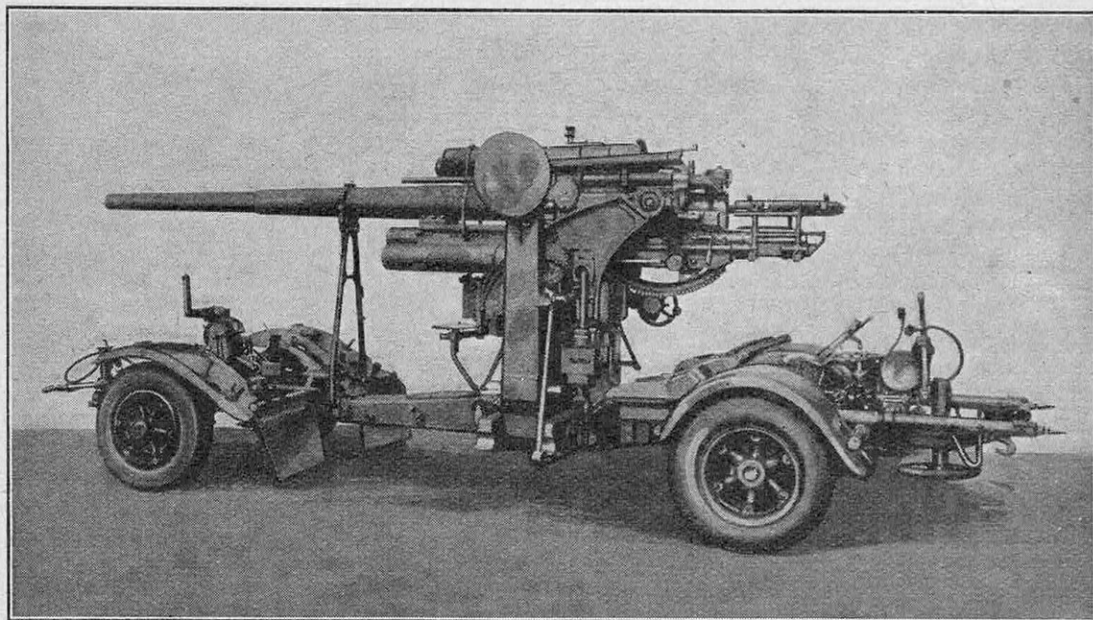


FIG. 2. — CANON DE D. C. A. KRUPP DE 88 MM EN ORDRE DE ROUTE

La photo représente le même matériel que la figure 1, mais en ordre de route. Les flèches ont été repliées deux à deux l'une sur l'autre. L'ensemble peut être remorqué à 60 km/h. La pièce tire à 840 m/s un projectile de 9 kg contenant 0,7 kg d'explosif. La portée maximum horizontale est de 15 200 m ; le plafond de 10 900 m (au site + 85°). La voiture-pièce, en ordre de route, pèse 7 450 kg ; la pièce en batterie pèse 5 150 kg ; la bouche à feu, avec culasse, n'entre dans ce poids que pour 1 440 kg.

le camp des alliés, à la guerre de 1914-1918, l'arrêt des hostilités avait laissé un stock de matériel aussi abondant en pièces qu'en munitions. On hésitait à changer le calibre, à reconnaître l'inutilité d'un approvisionnement en munitions. On se bornait à des améliorations de détail, adjonction d'un frein de bouche pour augmenter la puissance, changement d'une fusée pour accroître sa durée de combustion, remplacement d'une fusée pyrotechnique par une fusée à mouvement d'horlogerie pour réduire la dispersion. A supposer que les calibres de l'ordre du 75 eussent été convenables contre les avions de 1918 à faible plafond et vitesse modérée, ils ne l'étaient certainement plus dix ou quinze ans plus tard.

terre, pour protéger ses bases de la côte des Flandres, des canons de 150 mm dont l'aviation de bombardement alliée fut rapidement à même de juger l'efficacité. Ce fut une des nombreuses leçons restées incomprises des derniers mois de la guerre, et ces précurseurs de l'armement de D. C. A. de 1940 restèrent sans disciples.

Si l'on passe en revue l'artillerie des pays qui ne participèrent pas à la guerre de 1914, et qui, n'étant pas gênés par des stocks d'un matériel démodé, pouvaient choisir en toute liberté leurs calibres de D. C. A., on est obligé de constater que l'importance du calibre ne fut guère mieux comprise.

L'erreur commune de presque toutes les armées est d'autant plus inexcusable que la



plupart des marines comprirent très rapidement la nécessité du gros calibre pour défendre le navire contre l'avion.

Tout d'abord, quelques-unes d'entre elles montèrent leurs pièces d'artillerie principale à double usage : pour le tir contre navires et pour le tir contre avions. La première à s'engager dans cette voie fut la marine allemande, qui, sur les premiers croiseurs qu'elle construisit après 1918, disposa pour le tir à 60° l'artillerie de 150 mm qu'ils étaient autorisés à porter. La marine anglaise reproduisit plus tard cette disposition.

Lorsque l'artillerie principale ne fut pas adaptée à la D. C. A., les calibres dépassèrent très rapidement le 75. Dès 1923, la marine italienne portait son choix sur le calibre de 100 mm qu'elle a conservé depuis ; la marine américaine allait jusqu'au 127 mm, mais il y aurait quelques réserves à faire sur la vitesse initiale de ces pièces ; la marine allemande, sur son premier navire de ligne construit depuis la guerre, le *Deutschland*, où on ne pouvait adapter à des fonctions de D. C. A. l'artillerie principale de 280 mm, montait à cet usage un double jeu de pièces de 150 mm, tirant jusqu'à 60°, et de pièces de 88 mm, tirant jusqu'à 90°, qui ne prêtent à aucune critique ni quant au calibre, ni quant à la vitesse initiale. La marine française fut plus lente à fixer son choix. On peut regretter qu'elle s'en soit tenue longtemps au 75 mm, puis au 90 mm, et n'ait admis le 100 mm que sur son dernier croiseur de 10 000 t, l'*Algérie* ; elle a atteint depuis le calibre de 130 mm sur le *Dunkerque*. Sur tous les navires de ligne en chantier, en France et à l'étranger, les calibres de 150 à 152 mm de l'artillerie de défense contre torpilleurs sont également utilisés pour la défense contre les attaques aériennes.

### Quels sont les avantages du gros calibre en artillerie de D. C. A. ?

Du seul point de vue de l'effet du projectile sur l'objectif, le calibre est ici indifférent ; le « volume dangereux » croît à peu près comme le poids du projectile. Pour abattre un avion, il faut faire parvenir près de lui un poids de métal et d'explosif indépendant du calibre. Mais, dès qu'interviennent les considérations de balistique extérieure, l'intérêt des gros calibres apparaît avec évidence.

Il faut d'abord que le projectile puisse parvenir à la hauteur de l'avion. Il était trop facile aux artilleurs satisfaits de leur matériel de se reposer sur les affirmations des aviateurs qu'on ne volerait pas en guerre à 8 000 m, « que l'altitude était inhumaine »,

et qu'au surplus il faudrait bien descendre à 3 000 m si l'on voulait que le bombardement eût quelque efficacité. On a pu voler au-dessus du plafond de 7 000 m d'une artillerie de trop faible calibre ; la guerre d'Espagne l'a montré, et on volera demain à 10 000 et 12 000 m. On s'est résigné au faible rendement des lancements à haute altitude ; la guerre d'Espagne a encore montré que, de temps à autre, on pouvait ainsi atteindre dans une ville un objectif intéressant, et couler un navire au mouillage ; les militaires économes qu'effraie le tir sur zone et qui entendent que chaque projectile touche l'objectif auquel il est spécialement destiné peuvent s'attendre, avec les effectifs actuels des aviations de bombardement, à bien d'autres gaspillages.

Or, à mesure que s'accroît le plafond des avions, le calibre minimum nécessaire pour les atteindre croît lui aussi. La vitesse initiale est, en effet, limitée pour diverses raisons, usure notamment, à une valeur qui ne dépend guère du calibre et la résistance que l'air oppose à l'unité de masse du projectile décroît en raison inverse du calibre. Si la résistance de l'air n'existait pas, le projectile tiré au zénith à 800 m/s monterait à 32 000 m. C'est à des altitudes de cet ordre qu'atteindraient les projectiles de très gros calibre, car la résistance tombe très rapidement dès que sont franchies les basses couches de l'atmosphère. Mais, sur les plus petits projectiles fusants qu'on puisse songer à employer, le 37 mm par exemple, la résistance de l'air à 800 m/s vaut vingt fois le poids du projectile. En fait, tiré au zénith à 800 m/s, le projectile de 37 mm atteint des altitudes de l'ordre de 5 000 m ; celui de 75 mm, des altitudes de l'ordre de 10 000 m. Comme il faut pouvoir tirer ailleurs qu'au zénith, les plafonds actuels de l'aviation de bombardement condamnent les calibres de l'ordre de 75 mm.

Il ne suffit pas que le plafond d'une artillerie de D. C. A. soit supérieur à l'altitude de navigation des bombardiers pour que son effet soit assuré. L'avion est un but mobile de vitesse et de direction mal connues, même lorsqu'il suit une route rectiligne. L'erreur sur la position de l'avion futur sera d'autant moindre que la durée de trajet sera plus faible. L'accroissement du calibre est un des moyens les plus puissants de réduire cette durée de trajet. Un projectile de 37 mm de coefficient balistique normal, tiré au zénith à 800 m/s, met 19 secondes pour monter à 5 000 m ; la durée de trajet d'un projectile de 75 mm, tiré dans les mêmes conditions,

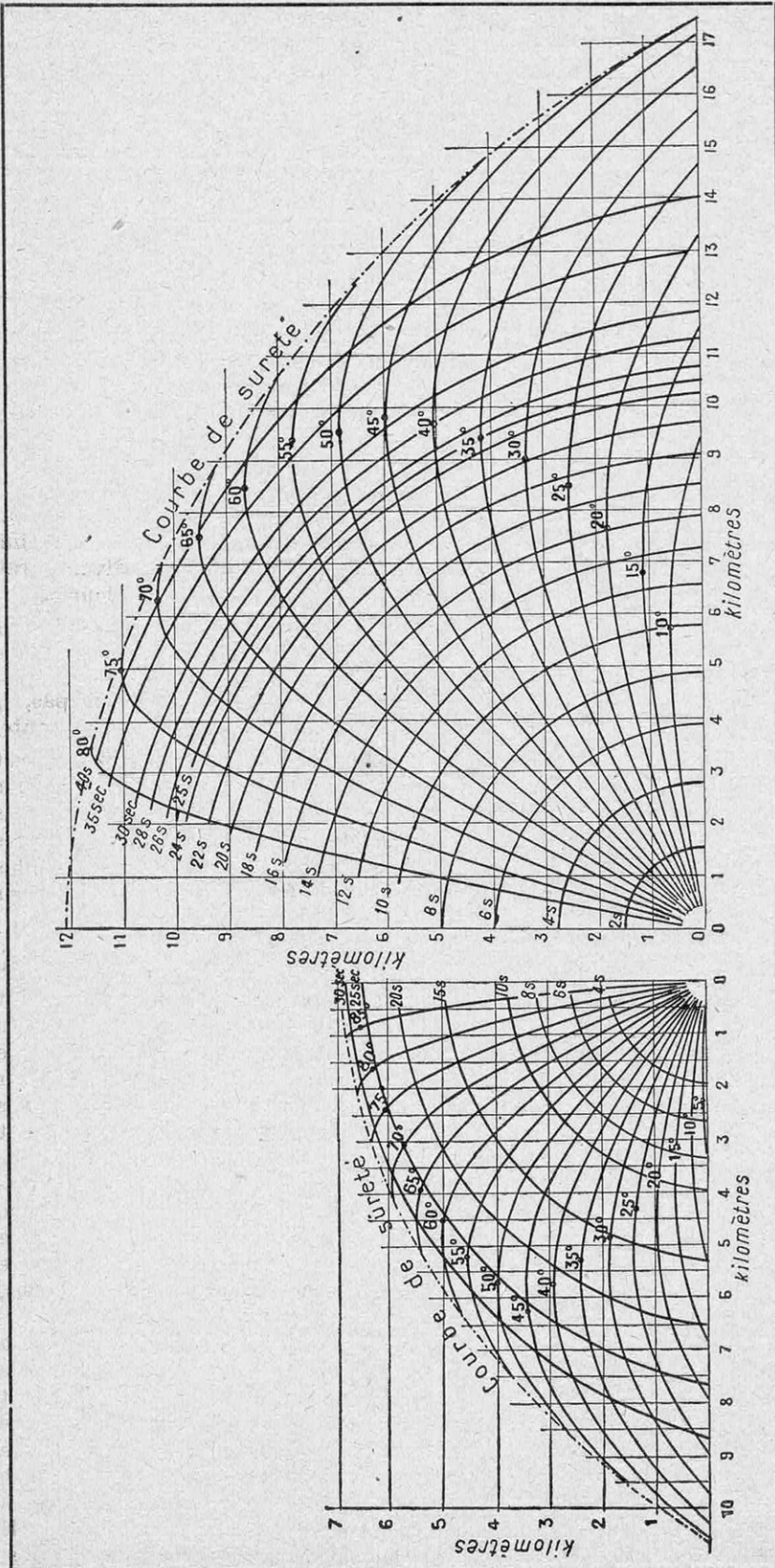


FIG. 3. — TRAJECTOIRES ET RÉSEAUX « ÉQUITEMPS » DU PROJECTILE DE 75 MM (VITESSE INITIALE 570 M/S) ET DE 90 MM (820 M/S) A gauche, le graphique, extrait du Règlement de Manœuvre de l'Artillerie française (Titre IX, D. C. A.), donne pour l'obus explosif de 75 mm, modèle 1917, tiré à 570 m/s, les trajectoires et réseaux « équitemps », c'est-à-dire le réseau des courbes lieu des points pour lesquels la durée du trajet est la même. Noter qu'il s'agit là d'un matériel de faible calibre, à faible vitesse initiale, datant de la guerre de 1914-18, et qui a été complété depuis, dans l'artillerie française, par des matériels à plus grande vitesse initiale. Avec les vitesses actuelles d'avions de bombardement vers 6 000 m, l'aviation parcourt près de 3 000 m pendant la durée de trajet de l'ordre de 25 s d'un tel projectile. C'est dire que les chances d'atteinte sont à peu près nulles si l'aviation manœuvre tant soit peu pour éviter les projectiles. A droite, le même graphique pour le matériel de 90 représenté sur les figures 4 et 5. On notera l'abaissement considérable des durées de trajet par l'emploi d'un matériel de gros calibre à grande vitesse initiale. C'est ainsi que la durée de trajet à 6 000 m d'altitude et 3 000 m de distance horizontale est de 12 s environ, alors que celle du 75 tiré à 570 m/s est de 28 s dans les mêmes conditions.



n'est plus qu'une dizaine de secondes ; celle d'un très gros projectile est à peine supérieure aux 6,5 secondes du trajet dans le vide.

A quel calibre convient-il de se limiter ? Lorsque le calibre croît, en dehors de la réduction de débit inévitable et acceptée, un autre inconvénient surgit : le poids de la

riel de campagne — c'est donc à ce calibre de 130 mm qu'il convient de se tenir. Le calibre maximum adaptable au chargement à bras est le calibre minimum qui convient à la D. C. A.

Jusque vers 150 mm, le chargement à bras est encore possible à condition de séparer

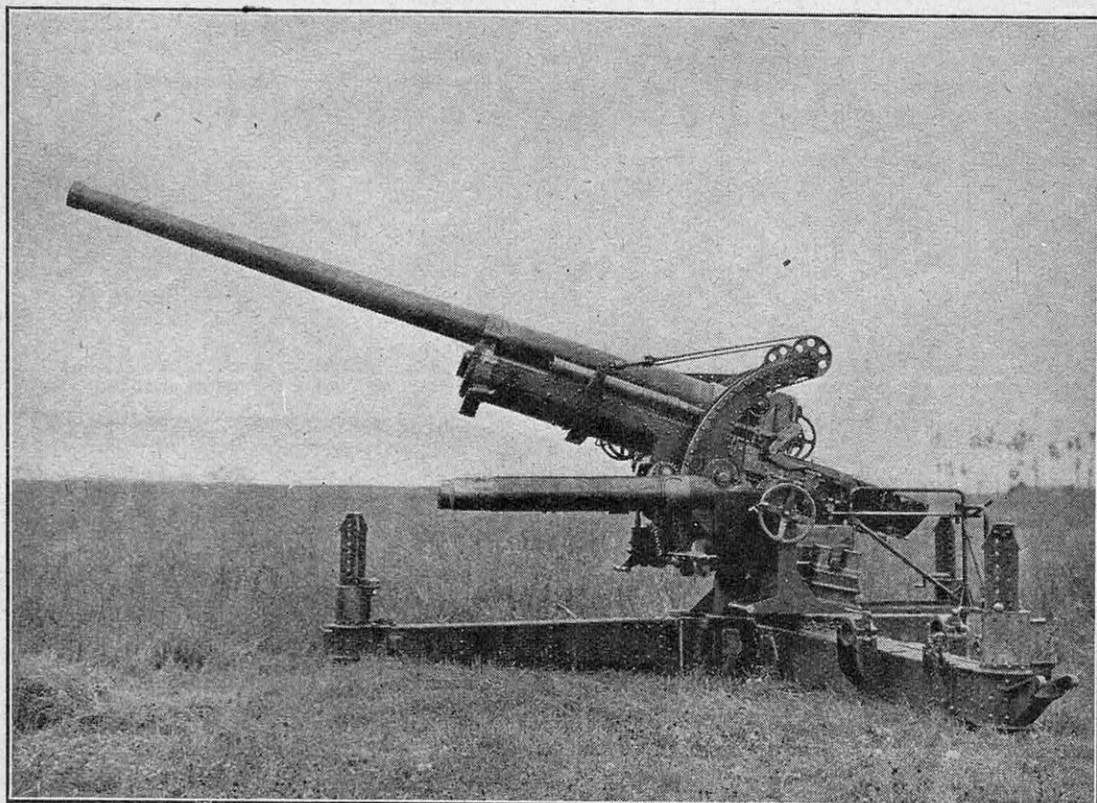


FIG. 4. — CANON DE D. C. A. SCHNEIDER DE 90 MM EN POSITION DE TIR

Ce matériel, dont la légende de la figure 5 indique les autres caractéristiques, pèse 5 730 kg en ordre de tir. Son montage sur affût triflèche lui donne une amplitude de pointage en direction de 360° et une amplitude de pointage en hauteur de  $-10^{\circ}$  à  $+80^{\circ}$ . On notera, comme sur le 88 mm Krupp, le report des tourillons à l'extrémité arrière du châssis qui permet de réduire au minimum la hauteur des tourillons nécessitée par le chargement au pointage à  $+80^{\circ}$ , donc le poids de l'affût. Cette organisation n'est possible qu'avec l'équilibreur à câble d'acier à très longue course contenu dans le gros cylindre horizontal, très visible sur la figure et qui compense le déséquilibre de poids par l'action d'un ressort. Un refouloir automatique permet la mise à poste de la cartouche aux grands angles, malgré son poids de 20 kg. La culasse assure automatiquement l'éjection et la mise de feu. Un « régloir » automatique fait suivre constamment aux fusées les variations de site et de hausse tant que la cartouche n'est pas extraite pour être chargée. Ce sont des canons de ce type, commandés par la marine française pour la défense des côtes, qui furent transportés à Paris au cours de la mobilisation partielle de septembre 1938.

munition exigerait, s'il est trop élevé, la manutention et le chargement mécaniques. Avec l'emploi de cartouches, la manœuvre à bras cesse de convenir au-dessus des 127 ou 130 mm des pièces de D. C. A. des marines américaine et française. Si on exige le chargement à bras — et on conçoit que le chargement mécanique ne soit pas adopté sans raisons sérieuses dans un maté-

riel de campagne ; c'est la solution admise en marine jusqu'au 152 mm, pour l'artillerie de défense contre torpilleurs. L'inconvénient est un nouveau ralentissement de la cadence de tir et par suite une augmentation du temps mort.

Si l'on se décidait à admettre le chargement mécanique, on pourrait évidemment atteindre des calibres très supérieurs.

### Le rôle de la vitesse initiale

La vitesse initiale est, au même titre que le calibre, l'une des qualités les plus désirables d'une artillerie de D. C. A.

A l'origine, la plupart des armées, aux prises avec la nécessité de l'établissement rapide d'un matériel contre avions, adaptèrent simplement à cet effet leur canon de campagne. On parvint à relever la vitesse initiale au maximum permis par l'affût, puis au maximum permis par le tube en le com-

pièce est certainement assez proche du compromis optimum entre l'usure du tube et les caractéristiques, vitesse et plafond, des avions, à l'époque où elle fut établie.

Les pays auxquels la guerre de 1914 n'avait laissé aucun armement antiaérien apprécièrent beaucoup plus justement la valeur de la vitesse initiale que la valeur du calibre et choisirent des types de vitesse initiale convenable.

Les marines firent preuve de la même justesse de vues quant à la vitesse initiale et

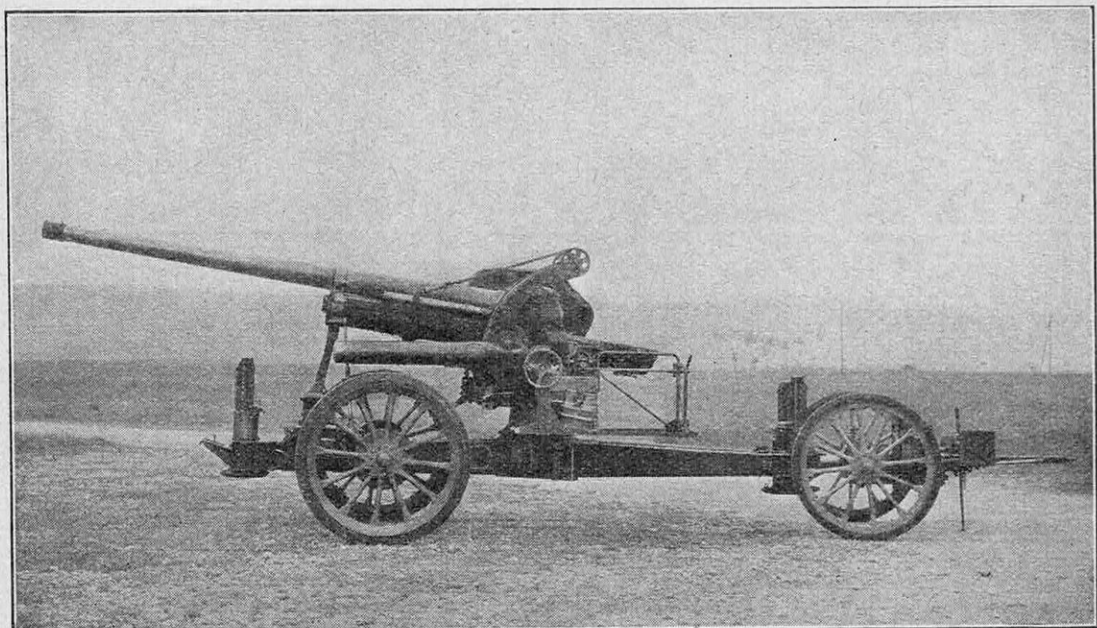


FIG. 5. — CANON DE D. C. A. SCHNEIDER DE 90 MM EN ORDRE DE ROUTE

*Cette photo représente, en position de route, le canon de la figure 4. Ce canon tire, à 820 m/s, un projectile de 11,3 kg contenant 1,330 kg d'explosif. La portée maximum horizontale est de 17 450 m; le plafond de 11 600 m (au site + 80°). La voiture-pièce, en ordre de route, avec roues à bandages pneumatiques, pèse 8 320 kg. La bouche à feu, avec culasse, n'entre dans ce poids total que pour 1 400 kg.*

plétant par un frein de bouche. On établit ensuite, dans le même calibre, des bouches à feu plus puissantes, mais se tenant toujours, même pour les matériels entièrement nouveaux, à des vitesses initiales trop faibles.

En Allemagne, au contraire, les clauses militaires du traité de Versailles n'avaient limité que les calibres, et pas les vitesses initiales. Il était naturel qu'elle poussât à l'extrême la caractéristique non limitée. C'est ce qu'elle fit, notamment en marine, où les canons de 280 mm de ses navires de ligne dépassent de beaucoup en vitesse initiale les chiffres auxquels on a coutume de se tenir pour l'artillerie de ce type de bâtiments. Elle fit de même pour son 88 mm de D. C. A., et la vitesse initiale de cette

quant au calibre. Elles y eurent moins de mérite. Depuis longtemps, les avantages de la vitesse initiale, soit pour la perforation des blindages, soit pour la justesse du tir contre objectif mobile, ont été reconnus, en marine, assez importants pour primer les considérations d'usure, et on s'est résigné à ce qu'un tube soit inutilisable après avoir tiré l'approvisionnement modeste de coups logés en soutes.

Si les avantages du calibre sont à peu près gratuits, et si la course au calibre se justifie ainsi pleinement en défense aérienne, la vitesse initiale se paie, et cher. Pour un état donné de la technique métallurgique, l'usure des pièces oppose une limite, vite atteinte, à l'accroissement des vitesses initiales.



Cependant, les avantages de la réduction de la durée de trajet sont tels qu'ils l'emportent sur les inconvénients inhérents à l'usure. Même si la durée de trajet n'était réduite que dans le rapport où est accrue la vitesse initiale, l'intérêt serait grand. On peut admettre en effet que la justesse (1) du tir antiaérien croît à peu près en raison

tiale conduit à réduire le nombre des pièces et celui des projectiles tirés dans le rapport inverse du carré des vitesses initiales. Si l'efficacité de chaque projectile est multipliée dans le rapport du cube de ces mêmes vitesses, on y gagne encore.

Et, fréquemment, la durée de trajet diminue plus vite que ne croît la vitesse initiale.

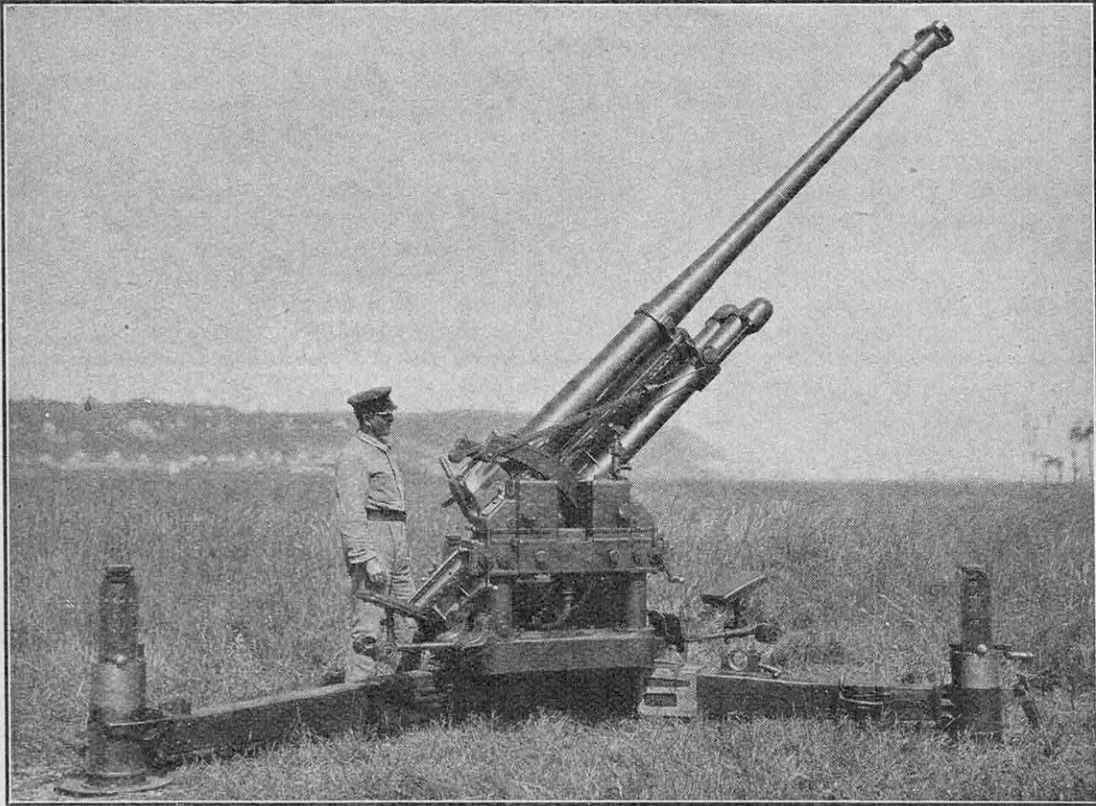


FIG. 6. — CANON DE 75 MM DE D. C. A. A GRANDE VITESSE INITIALE ET A FREIN DE BOUCHE

*Le matériel représenté ci-dessus est le plus récent des matériels Schneider de D. C. A. en 75 mm. Il est, notamment, le matériel réglementaire de l'armée suisse. On jugera de la puissance de la pièce, comparativement à une pièce d'artillerie de campagne de même calibre, soit d'après son poids en batterie (2 750 kg), qui est presque le double du poids d'un canon de campagne de même calibre, soit d'après la taille du servant sur la photographie. Ce canon tire, à 800 m/s, un projectile de 6,5 kg contenant 0,725 kg d'explosif. La portée maximum est de 14 500 m; le plafond de 9 600 m (au site 80°). La cadence possible est de 30 coups à la minute. La pièce pèse 2 750 kg en ordre de tir; la voiture-pièce, montée sur pneus, pèse 3 610 kg.*

inverse du cube de la durée de trajet; cette loi s'applique assez exactement à la part qui tient aux incertitudes sur la vitesse de l'avion en grandeur et direction, et le volume des positions possibles croît plus vite encore que le cube de la durée de trajet lorsque l'avion manœuvre pour éviter les coups. Or, à puissance totale donnée d'une artillerie de D. C. A., l'accroissement de la vitesse ini-

C'est le cas, notamment, du tir à limite de portée des matériels à faible vitesse. La trajectoire est plus tendue et réduit le chemin parcouru. En outre, on élimine la fraction de trajectoire à grande courbure affectée par les faibles vitesses au voisinage du sommet. A 5 000 m d'altitude et 5 000 m de distance horizontale, l'obus explosif de 75 mm, tiré à 570 m/s de vitesse initiale, a une durée de trajet de 28 secondes. A même altitude et même distance, un obus identique, tiré à 950 m/s de vitesse initiale, n'aurait plus

(1) On réserve le mot « précision » pour qualifier le groupement des coups et le mot « justesse » pour qualifier l'écart entre le but et le centre de ce groupement.

qu'une durée de trajet de 12 secondes environ.

Deux considérations limitent cette vitesse initiale : l'usure et la diminution d'efficacité du projectile.

Plus la vitesse initiale est grande, plus épais devront être le culot et les parois latérales du projectile ; moins il pourra contenir d'explosif ou de balles. La forte charge d'explosif et l'efficacité des projectiles de l'artillerie de campagne tiennent pour une grande part à leur vitesse initiale modérée.

Quant à la crainte de l'usure, il ne faut pas la pousser trop loin. Les divers procédés de chemisage mis au point au cours des vingt dernières années limitent les dégâts à une fraction du tube dont le remplacement se fait avec la plus grande facilité. D'autre part, l'artillerie de D. C. A., travaillant en liaison avec des postes d'écoute, des projecteurs, un système complexe et coûteux de conduite de tir, est un ensemble où la valeur du tube ne joue pas le même rôle que dans une artillerie de campagne. La différence s'accroîtra encore si l'on passe au chargement automatique.

Il faut bien souligner qu'en artillerie de D. C. A. plus encore qu'ailleurs, la chemise doit être considérée comme un matériel de consommation courante, comme les ferrures des attelages, ou les pneus des autos qui traînent les pièces. A l'avenir, un tube de canon ne fera pas plusieurs guerres ; il faut accepter ce sacrifice et organiser un approvisionnement suffisant et une fabrication rapide et économique des chemises nécessaires.

### La course au canon puissant

L'avantage de l'armement de D. C. A. à grande puissance individuelle est aussi certain que l'avantage des gros déplacements en marine de guerre. La course au calibre et à la puissance est aussi inévitable que l'a été la course au tonnage. Elle a déjà commencé.

L'ère du 88 mm allemand et des canons de calibre comparable qu'on pouvait lui opposer sera rapidement franchie. Dès que ceux-ci apparaîtront, ne doutons point que les 105 mm allemands expérimentés sur le front de Bilbao ne sortent rapidement en série pour les déclasser.

Aujourd'hui, on vient de passer, ou on passe, en plusieurs pays, de calibres de D. C. A., voisins du 75 à des calibres voisins du 90 mm. L'étape suivante normale est le 105 mm, qui est déjà prêt, ou en cours d'étude, dans ces mêmes pays, et que certaines maisons offrent déjà à leur clientèle.

C'est alors que l'on apprend l'étude, pour la D. C. A. britannique, d'un matériel de 114 mm, qui permettrait de brûler l'étape du 105. Il n'y a guère d'inconvénients à brûler les étapes, car les retards se sont accumulés. On aura vécu pendant quinze ans sur des matériels qui étaient insuffisants contre les avions à 120 km/h et 2 000 m de plafond de 1914 sans s'apercevoir que leur insuffisance s'accroissait avec la croissance régulière des plafonds et des vitesses. On aura assisté, en 1929, à l'apparition du moteur à compresseur, sans comprendre le bouleversement qu'il allait apporter à la fois en plafond et en vitesse. On aura pareillement laissé passer, sans en tenir compte, toute la période de croissance des vitesses qui tient à l'affinement aérodynamique au cours des années 1933 à 1938. On ne se doute guère, lorsque l'on discute aujourd'hui du choix d'un calibre de D. C. A. en se donnant comme objectif des avions de 450 à 500 km/h, que les avions de 700 km/h qui vont se construire autour des nouveaux moteurs de 2 000 ch sont à l'étude ou en chantier. Dans ce domaine surtout, ne pas avancer, c'est reculer.

Tous ces progrès, l'aviation les a faits sans l'aiguillon des progrès concomitants de l'adversaire qu'est l'artillerie, mais simplement par le jeu du développement naturel de la technique qui attire depuis trente ans les concours les plus nombreux et les plus efficaces. Or, il reste à l'avion, au cas où l'artillerie deviendrait un adversaire menaçant, le refuge de l'altitude, et le gain corrélatif en vitesse, dont il n'a été usé jusqu'ici que dans une mesure bien modeste.

Tous ces progrès, l'aviation les a faits dans une atmosphère de relative tranquillité internationale et d'absence de concurrence en matière d'armements qu'on n'a pas toujours su apprécier. L'aviation ne disposait alors que de crédits modestes, qui n'atteignaient même pas ceux qui étaient consentis aux marines. Dans les circonstances internationales actuelles, avec les crédits illimités qu'on lui accorde, les progrès de l'aviation militaire vont donner la juste mesure des possibilités de la technique.

Il n'est donc guère aventureux d'escompter, au cours des années qui vont suivre, un progrès de l'artillerie de D. C. A. dans la voie des puissances croissantes qui exigera, à la fois, des auteurs de programmes un effort d'adaptation et des techniciens un effort de réalisation, d'une rapidité et d'une ampleur qu'on n'est guère habitué à rencontrer en matière d'artillerie.

CAMILLE ROUGERON.



# LES REMORQUEURS DE HAUTE MER ET LE SAUVETAGE DES NAVIRES EN PERDITION

Par Henri LE MASSON

*Les missions qui incombent aux remorqueurs marins sont d'une grande diversité : le plus communément, ils assurent la manœuvre des grands navires dans les bassins étroits et les ports d'accès difficile; plus rarement, ils effectuent des remorquages en haute mer, qu'il s'agisse de conduire jusqu'à leur emplacement définitif, souvent aux antipodes, d'importants ouvrages marins tels que les docks flottants (1), ou bien de porter secours aux navires de tous ordres en détresse au large des côtes et de sauver vies humaines et cargaison en les ramenant au port malgré leurs avaries. Des applications aussi diverses ont évidemment pour conséquence une certaine spécialisation. Si tous les bâtiments de ce type doivent être faciles à manœuvrer, stables et posséder la puissance maximum compatible avec leur tonnage, il va de soi que les remorqueurs de haute mer et de sauvetage doivent, en outre, particulièrement bien tenir la mer, être équipés de pompes puissantes, de lances contre l'incendie, de remorques de grande longueur, etc. Le remorquage de haute mer et l'assistance maritime sont des techniques spéciales exigeant des équipages bien entraînés aux manœuvres délicates et dangereuses qu'ils comportent; ils constituent en revanche, pour les armateurs, une entreprise qui peut être très rémunératrice.*

**L**ES remorqueurs constituent une catégorie de navires nombreuse et importante. Leur fonction principale consiste à déplacer les autres navires d'un point à un autre. Le plus souvent, on a donc besoin de leurs services dans les ports pour faciliter les changements de postes d'amarrage ou pour aider à l'entrée ou à la sortie des grands bâtiments qui ne pourraient manœuvrer facilement, par leurs propres moyens, dans les limites étroites d'un bassin.

Dans d'autres circonstances, cependant, ils peuvent être appelés à effectuer de longues traversées, par exemple pour conduire à leurs ports d'utilisation des docks flottants, ou encore pour ramener aux chantiers de réparations des bâtiments de mer « sauvetés » et incapables d'utiliser leurs machines.

On ne saurait, bien entendu, demander à tous les remorqueurs d'être capables de remorquer un dock flottant, dont le déplacement atteint 60 000 t pour les plus gros, d'Europe en Nouvelle-Zélande. On conçoit que des missions de ce genre exigent des remorqueurs à la fois plus puissants et plus « marins » qu'il n'est nécessaire dans un port. Suivant le service auquel ils sont principalement destinés, on distingue donc plusieurs catégories de remorqueurs, qualifiés : de port, de mer, de haute mer ou de sauvetage, et

ce sont ces derniers, surtout, qui feront l'objet de la plupart de nos commentaires.

## Les qualités fondamentales des remorqueurs

Quelle que soit leur utilisation, les remorqueurs présentent tous des caractéristiques communes.

En premier lieu, leur construction doit être très robuste. D'une part, ils supportent des efforts considérables au point d'attache de la remorque, le « croc »; d'autre part, leur coque subit, dans les ports, des chocs répétés du fait que les opérations d'accostage sont pour eux plus fréquentes que pour aucune autre catégorie de bâtiments. Il leur faut, ensuite, une grande stabilité. Un remorqueur est souvent obligé de « déhaler » en travers, lui-même occupant une position parallèle au navire remorqué. Proportionnellement, il doit donc être assez large pour diminuer les risques de chavirement. La remorque doit pouvoir être larguée instantanément en cas de danger, d'où l'emploi d'un « croc » d'échappement à ouverture automatique pour faciliter cette manœuvre. Ce croc est fixé sur une ou deux fortes « bittes » verticales, installé généralement avec des ressorts compensateurs pour amortir les chocs de la remorque, aussi près que possible du centre de gravité et dans le plan de symétrie longitudinal du remorqueur.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 153, page 248.

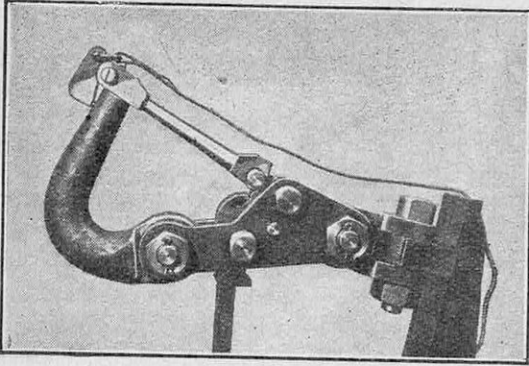


FIG. 1. — CROC D'ÉCHAPPEMENT SPÉCIAL CRÉÉ POUR LES REMORQUEURS « ABEILLES »  
*D'un fonctionnement extrêmement précis, ce croc peut se déclencher, à la demande, dans quelque position qu'il puisse se trouver et quelle que soit la traction exercée sur lui par la remorque.*

La puissance de remorque est la troisième condition nécessaire à tous les remorqueurs : elle se détermine, en général, de la façon suivante : un remorqueur doit être capable de remorquer, par temps calme, un navire de charge ayant une portée de 4 t par ch de puissance, à une vitesse allant de 40 à 70 % de sa vitesse maximum en route libre (c'est-à-dire sans remorque à la traîne). La détermination des caractéristiques de l'hélice (ou des hélices) oblige donc à des calculs très précis pour que le rendement soit satisfaisant dans l'une et l'autre circonstances.

Parce qu'ils sont obligés de manœuvrer fréquemment et rapidement, la plupart des remorqueurs, même ceux de construction récente, demeurent fidèles à la classique machine alternative qui permet de battre en arrière quasi instantanément. Beaucoup de « gros » remorqueurs, cependant, commencent à être dotés de moteurs Diesel, ce qui entraîne une diminution sensible des frais d'exploitation, pendant les périodes d'attente ou d'arrêt, tandis que les bâtiments à vapeur doivent constamment garder leurs chaudières sous pression, si l'on veut qu'ils puissent répondre, sans délai, au premier appel. De toute façon, les remorqueurs à Diesel sont toujours dotés de dispositifs de renversement de marche rapides et c'est une des raisons qui fait parfois préférer la solution

Diesel-électrique (1), dans le cas de remorqueurs propulsés par moteur à combustion interne, parce qu'elle assure une très grande rapidité d'exécution des manœuvres en permettant de commander directement les machines de la passerelle. Signalons que la solution Diesel-électrique est surtout en faveur pour les remorqueurs aux Etats-Unis.

A ces conditions qui sont communes à tous les remorqueurs, les remorqueurs de haute mer et de sauvetage doivent ajouter les qualités suivantes : une excellente tenue à la mer, un grand rayon d'action, enfin un personnel très exercé et comportant, dans le cas des remorqueurs de sauvetage, d'assez nombreux ouvriers spécialisés, indispensables pour les opérations de renflouement.

### L'équipement spécial des puissants remorqueurs de haute mer et de sauvetage

Les remorqueurs de port et de mer sont d'assez petits bâtiments : 20 à 30 m de longueur. Leur puissance de machine est de 200 à 500 ch pour les premiers et peut aller jusqu'à 1 000 pour les seconds. Ces derniers sont, naturellement, les plus nombreux ; ce

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 230, page 93.

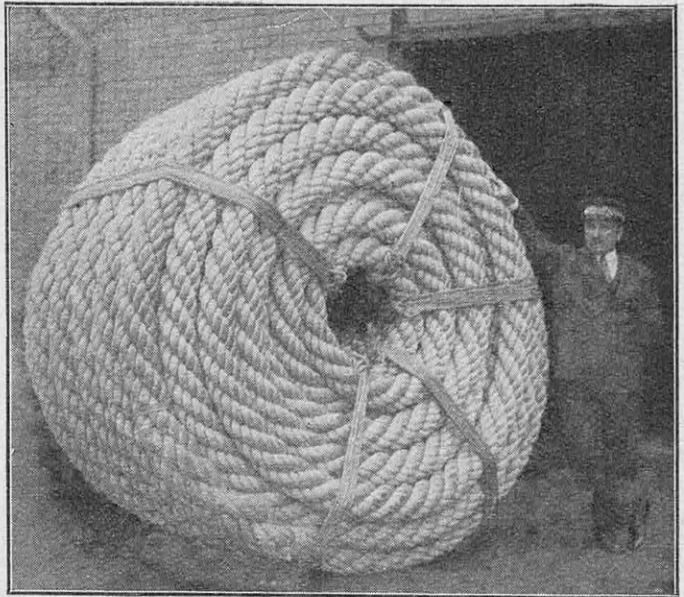


FIG. 2. — CABLE DE FILAGE DE REMORQUE

*Certaines remorques doivent être « filées » sur 1 000 m de longueur : voici une des remorques composant l'armement d'un remorqueur de haute mer français et utilisées tout spécialement dans le cas de remorquages à longue distance, renflouement ou assistance. Les principales caractéristiques de cette remorque, fabriquée en « manille » de qualité extra, sont : longueur, 200 m ; diamètre, 140 mm ; poids, 2 200 kg. On utilise aussi des remorques d'acier.*



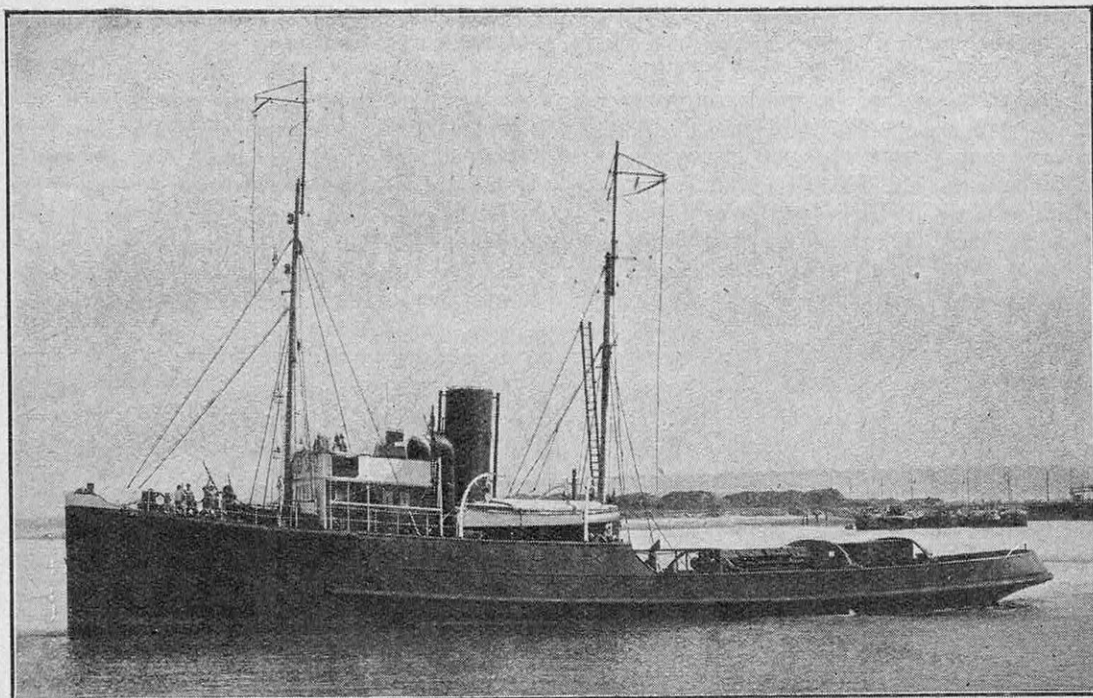


FIG. 3. — REMORQUEUR DE SAUVETAGE DE HAUTE MER

*Ce bâtiment, maintenu, pendant la saison d'hiver, en station à Brest, est spécialisé dans le remorquage de haute mer et l'assistance maritime (1 500 ch). Il est équipé d'un émetteur-récepteur de T. S. F., d'un radiogoniomètre et d'un matériel complet de sauvetage. Remarquer la vedette à moteur dont il est muni.*

sont aussi ceux dont les qualités évolutives sont les plus poussées. Pour cette raison, ils ont, parfois, deux hélices et toujours un tirant d'eau relativement élevé.

Les remorqueurs de haute mer et de sau-

vetage mesurent, en général, de 30 à 50 m de longueur, quelquefois moins, mais rarement davantage. Leurs appareils moteurs dépassent parfois 3.000 ch (plus fréquemment 1 500 à 1 800 ch). Extérieurement, ils

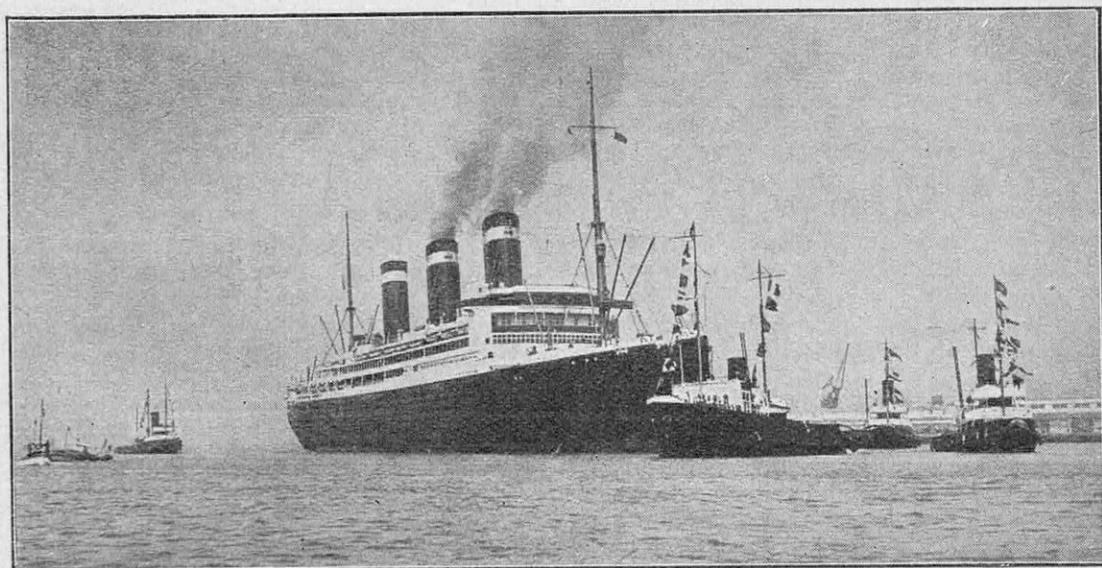


FIG. 4. — LA MANŒUVRE D'UN GRAND PAQUEBOT EXIGE PLUSIEURS REMORQUEURS  
*Trois remorqueurs le déhalent sur l'avant et un quatrième, placé sur l'arrière, l'aide à gouverner.*

se distinguent par un gaillard d'avant qui les défend contre les lames et une passerelle de navigation bien abritée. Au contraire des précédents, ils ont le plus souvent une hélice seulement afin de mieux gouverner, surtout par grosse mer, et parce que les emballements de machine sont moins à craindre dans ce cas que sur les remorqueurs à deux hélices. Ce sont de puissants « chevaux de trait » ; mais, malgré leur force individuelle, il faut souvent les « atteler » à

délai, au secours d'un bâtiment désespéré, à l'aider à se maintenir à flot et, après lui avoir passé une remorque, opération souvent difficile, dangereuse même par gros temps, à le remorquer en lieu sûr. Pouvant avoir affaire à un navire en feu ou sur le point de sombrer par suite des voies d'eau qu'il n'arrive pas à épuiser par ses propres moyens, ils doivent être équipés avec des lances à incendie, capables de projeter l'eau à une distance d'au moins 100 m, avec des

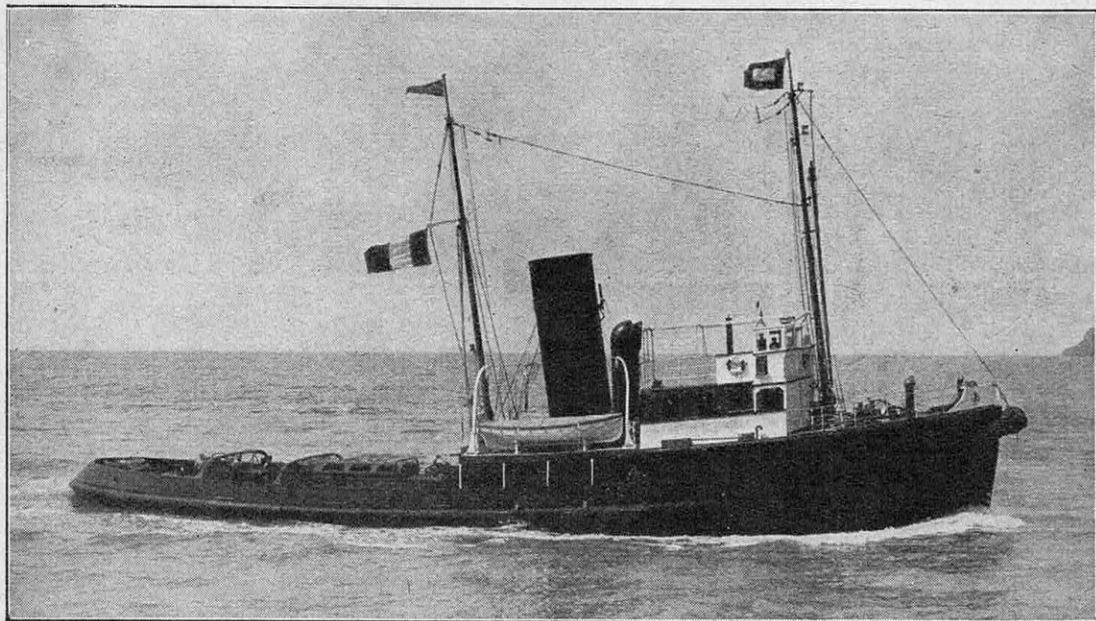


FIG. 5. — VOICI UN DES PLUS RÉCENTS REMORQUEURS DE HAUTE MER ET DE SAUVETAGE FRANÇAIS : L'« ABEILLE N° 8 »

*Chauffé au mazout, il a un rayon d'action de 6 500 milles, soit 25 jours de mer, sans ravitaillement, à la vitesse moyenne de 11 nœuds. Certains remorquages se font, en effet, sur des distances considérables ; d'Europe, par exemple, des docks flottants déplaçant jusqu'à 60 000 t ont été remorqués avec succès, malgré les difficultés de l'opération, jusqu'à des ports aussi éloignés que Singapour, Hong-Kong, Wellington (Nouvelle-Zélande) ou Callao (Chili) par des bâtiments de ce genre.*

plusieurs, car, pour les remorquages en haute mer, il est indispensable de pouvoir maintenir une vitesse de 2 nœuds au moins au convoi, en toutes circonstances de temps et de courant. C'est ainsi que le remorquage d'un grand paquebot condamné, que l'on veut acheminer jusqu'au port où il sera livré aux démolisseurs, implique toujours l'intervention de plusieurs remorqueurs, les uns tirant, d'autres poussant de flanc, un dernier étant très souvent placé sur l'arrière du bâtiment remorqué pour l'aider à gouverner (fig. 4).

La plupart des remorqueurs de haute mer sont aménagés pour le sauvetage. Leur mission consiste à se rendre, dans le plus court

temps, au secours d'un bâtiment désespéré, à l'aider à se maintenir à flot et, après lui avoir passé une remorque, opération souvent difficile, dangereuse même par gros temps, à le remorquer en lieu sûr. Pouvant avoir affaire à un navire en feu ou sur le point de sombrer par suite des voies d'eau qu'il n'arrive pas à épuiser par ses propres moyens, ils doivent être équipés avec des lances à incendie, capables de projeter l'eau à une distance d'au moins 100 m, avec des pompes d'épuisement à gros débit (plusieurs milliers de tonnes à l'heure) et avec un atelier de réparations. Leur installation de radio comporte presque toujours un poste radiogoniométrique pour le repérage des appels de détresse. Enfin, certains possèdent de solides mâts de charge, dont l'emploi peut être nécessaire pour aider au déchargement des bâtiments échoués, lorsqu'il faut alléger ceux-ci.

### **Le remorquage en haute mer exige des câbles robustes et de grande longueur**

Les grands remorqueurs sont toujours équipés de remorques en fil d'acier, moins sujettes à s'user que les « aussières » tex-



tiles en « manille » (coco) ou chanvre et qui présentent, à poids égal, une plus grande résistance que ces dernières. Ces remorques viennent se « garnir » sur des treuils qui « devirent » quand la tension devient excessive et « embrquent » ensuite la partie du câble filé lorsque la tension anormale a cessé. Certaines unités modernes sont, en outre, munies de détendeurs hydrauliques à piston pour amortir les à-coups de la remorque.

la remorque, celle-ci ne subit pas moins des alternatives de tension, voire même de surtension et de détente. Il faut donc qu'elle soit à la fois résistante (en fonction de la puissance motrice du remorqueur) et « élastique » pour ne pas se rompre aux choes. L'élasticité s'obtient par l'allongement temporaire de la « chaînette » dessinée par la remorque sous l'effet de son poids; mais, là encore, il ne faut pas exagérer, sinon

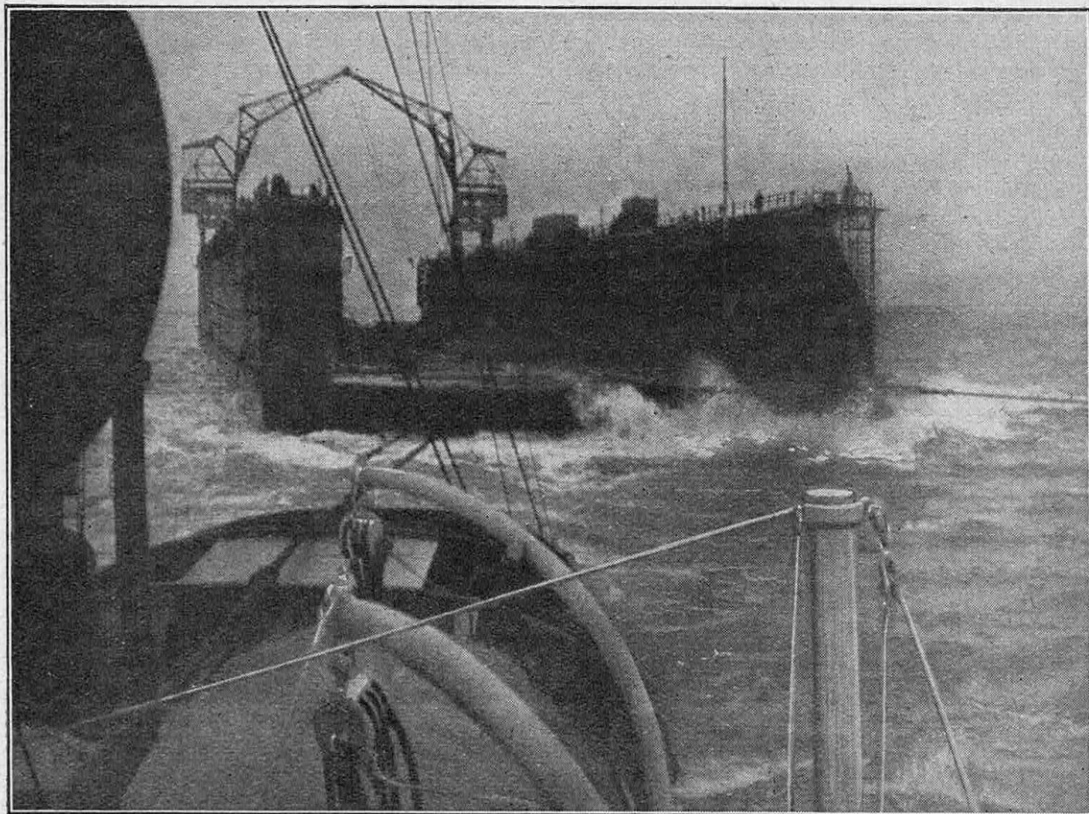


FIG. 6. — REMORQUAGE D'UN DOCK FLOTTANT EN HAUTE MER

*Depuis la disparition des grands voiliers, les remorquages en haute mer sont plutôt moins fréquents qu'autrefois. Les plus remarquables étant ceux effectués avec les docks flottants, on conçoit que les formes très peu marines de ces derniers ne facilitent pas toujours ces opérations.*

Les remorqueurs de haute mer, surtout ceux spécialisés dans le sauvetage, possèdent ainsi des jeux de remorques dont la longueur est de l'ordre de 1 km. La longueur à « filer » peut, en effet, être considérable, car elle doit être réglée de façon telle qu'il y ait synchronisme entre les mouvements de tangage du remorqueur et du remorqué. Par mer agitée et suivant que la houle est longue ou courte, les données du problème sont donc différentes et on ne parvient à le résoudre convenablement qu'après tâtonnements. Si bien réglée que soit, en définitive, la longueur de

celle-ci plonge et crée une résistance inutile.

Prendre une remorque à la mer, surtout par gros temps, est une opération délicate, d'autant plus délicate qu'il est impossible de définir à l'avance la manœuvre à exécuter. Celle-ci varie suivant que le bâtiment à secourir est demeuré dans ses lignes d'eau normales, qu'il est plus ou moins chargé, que ses superstructures sont plus ou moins élevées ou qu'il s'agit d'une épave au ras de l'eau ou encore d'un bâtiment dont l'avant ou l'arrière se trouve fortement immergé, par suite d'une voie d'eau. Souvent on ne peut

passer directement la remorque et pour réussir à la donner, il faut filer du remorqueur une bouée, ou se servir de fusée ou d'un fusil porte-amarres, pour envoyer un va-et-vient grâce auquel on arrive à passer la remorque proprement dite. Bien souvent, le remorqueur doit manœuvrer avec mer de l'arrière, ce qui rend encore plus difficile la mise en route du remorquage. Celle-ci ne doit s'effectuer que très doucement, très progressivement, pour ne pas raidir brusquement les aussières et leur donner le temps nécessaire pour prendre du « mou », lorsqu'elles se tendent trop rapidement. Toutes les fois qu'il est possible, d'ailleurs, on s'efforce de « mailler » la remorque sur une des chaînes d'ancre du remorqué, afin que celui-ci contribue à la manœuvre et aide le remorqueur en « filant » sa chaîne lorsque la remorque raidit.

### Équipement spécial d'un navire d'assistance et de sauvetage

Si beaucoup de remorqueurs de haute mer

sont équipés pour le sauvetage, tous les bâtiments de sauvetage ne sont, cependant, pas des remorqueurs. Lorsqu'il s'agit d'un bâtiment échoué ou à renflouer, il faut souvent faire intervenir un matériel plus important que celui dont dispose un remorqueur de haute mer. Certains armateurs, spécialisés dans cette branche de l'industrie maritime, arment également des bâtiments de sauvetage qui ne sont pas des remorqueurs. Au lendemain de la guerre, époque où, comme on le pense, l'armement du sauvetage prit un grand développement, on a de la sorte aménagé des chalutiers ou d'anciens avisos, dont les soutes à munitions constituaient des magasins pratiques et dont les entreponts spacieux assuraient un logement convenable pour le personnel nécessaire, souvent nombreux et qui peut atteindre une centaine de personnes. Indépendamment du matériel d'épuisement et d'incendie déjà signalé, ces bâtiments comportent toujours

un équipement de scaphandriers très complet, un outillage pneumatique (un compresseur, notamment), du matériel de découpage à l'oxyacétylène et de soudure pour le travail sous-marin, des lampes et projecteurs facilement transportables, etc. Ils disposent aussi d'allèges et de chalands et de vedettes robustes, susceptibles d'embarquer de lourdes charges, par exemple les pompes mobiles à gros débit qu'il peut être nécessaire de placer dans les fonds du bâtiment désarmé pour renforcer l'action de ses propres pompes ou les suppléer. C'est à cette catégorie de bâtiments qu'appartenait, par exemple, l'*Artiglio* (1), le fameux sau-

veur italien, qui récupéra les trésors du paquebot anglais *Egypt* et qui sombra, au large de Quiberon, dans une tragique explosion, en essayant de renflouer la cargaison d'un navire torpillé pendant la guerre.

On voit que l'assistance maritime nécessite l'intervention de deux types bien différents

de bâtiments sauveteurs suivant qu'il s'agit de remorquage ou de renflouement, autrement dit de bâtiments désarmés et en perdition ou de navires échoués ou coulés.

### Le caractère humanitaire, commercial et international du sauvetage maritime

Il nous faut maintenant dire quelques mots du régime de l'assistance. Sans nier le côté humanitaire de l'assistance et l'héroïsme dont font souvent preuve les équipages des remorqueurs de sauvetage, il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'une opération commerciale. Celle-ci peut même être fort lucrative, puisque l'« équitable rémunération », due pour tout fait d'assistance impliquant des services exceptionnels qui ne sauraient être considérés comme le simple accomplissement d'un contrat de remorquage, peut atteindre, tout au moins en ce qui concerne notre pays (loi du 29 avril 1916),

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 168, page 477.

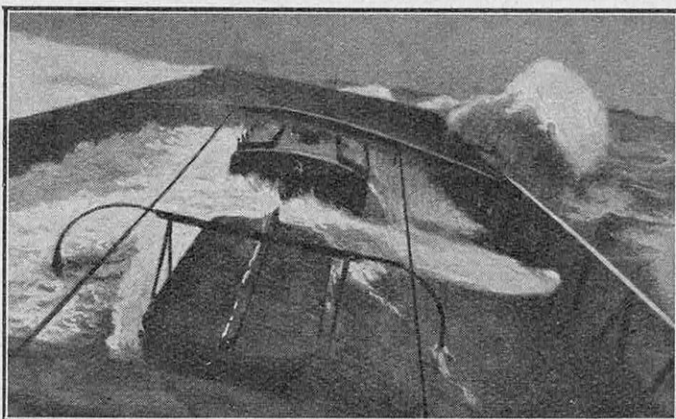


FIG. 7. — UN REMORQUEUR DANS LA TEMPÊTE

*Un remorqueur de haute mer et d'assistance doit être pourvu de solides qualités marines : son franc-bord arrière peu élevé fait que, par gros temps, il est souvent balayé par les lames.*



la « valeur des choses sauvées ». Il ne faut pas s'insurger contre le caractère commercial du sauvetage maritime : il n'existe, nulle part, de service public pour l'assurer. Aussi bien convient-il de remarquer qu'il n'intéresse que le navire et les cargaisons sauvées et « qu'il n'est dû aucune rémunération pour les personnes sauvées ».

Le statut de l'assistance maritime est, d'ailleurs, international depuis la Convention de Bruxelles, signée en 1910. En toutes cir-

occasions d'assistance sont évidemment plus fréquentes. C'est ainsi que, depuis plusieurs années, des remorqueurs de sauvetage, battant pavillon étranger, stationnent dans les eaux du Finistère pour répondre plus vite à l'appel des navires en danger dans les parages malsains de l'entrée de la Manche. Il y a cinq ans encore, des remorqueurs français stationnaient à poste fixe dans les mêmes conditions à Brest et nos lecteurs se souviennent certainement du nom de l'un

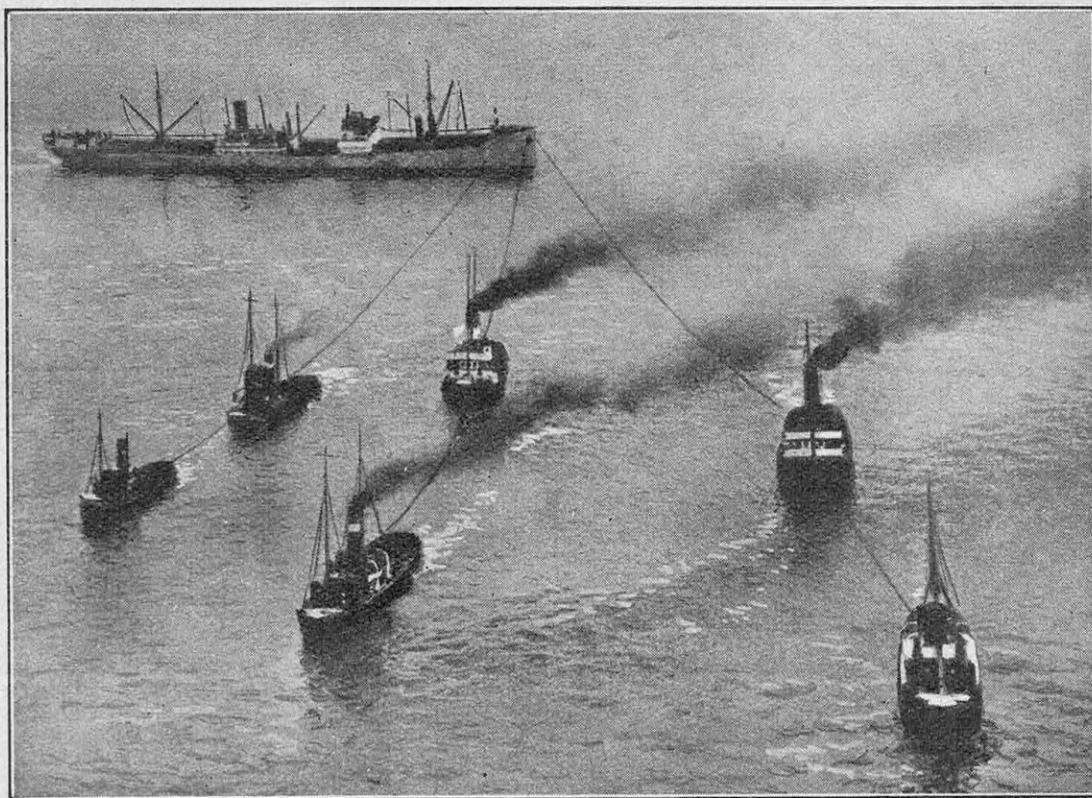


FIG. 8. — POUR REMETTRE A FLOT CERTAINS BATIMENTS, IL FAUT SOUVENT L'INTERVENTION DE PLUSIEURS REMORQUEURS

constances, par conséquent, des règles précises, ainsi que l'arbitrage, fixent très strictement les règlements nécessitant l'intervention de personnes privées, en l'espèce les armateurs des remorqueurs de sauvetage.

#### **Pourquoi des remorqueurs de sauvetage étrangers stationnent dans les eaux françaises**

En tout état de cause, on conçoit la nécessité pour le remorqueur d'arriver à la rescousse dans le plus court délai, d'où l'intérêt porté par ses armateurs à certains ports ou abris naturels, situés à proximité des points focaux du trafic maritime, où les

d'eux, l'*Iroise*, qui se distingua dans de nombreuses occasions jusqu'au jour où un remorqueur de sauvetage allemand ultra-moderne, le *Seefalke*, mouillé à Douarnenez, vint lui faire une dure concurrence. Equipé de moteurs Diesel, de 2 700 ch, capable d'une vitesse en route libre de 14 nœuds, ce bâtiment pouvait gagner l'*Iroise* (11 nœuds) de vitesse et le frustrer — légitimement, d'ailleurs — de ses efforts. Il ne pouvait, en effet, être question de s'insurger contre cette situation, comme certains l'ont fait, car une convention internationale, signée à Genève en 1923, stipule, au point de vue assistance maritime, la liberté d'accès des ports placés

sous la souveraineté des signataires, sur la base de l'égalité de traitement. En fait, l'*Iroise* ne put soutenir longtemps la concurrence de son rival plus rapide et dont les conditions d'exploitation étaient plus économiques, et la société qui l'armait dut être dissoute. Actuellement, et en dehors des remorqueurs français mouillés à Brest, c'est un remorqueur hollandais, le *Zwarte See*, qui stationne, dans le même but, à Douarnenez. A diverses reprises déjà, la presse a signalé, cet hiver, ses heureuses interventions de sauvetages.

remorqueurs, toujours prêts à prendre la mer, non seulement dans deux ports de son pays, mais aussi dans plusieurs ports ou rades étrangers, tant français qu'anglais et espagnols. On peut ainsi citer, de par le monde, quarante-quatre firmes spécialisées dans ce genre de travail et il convient de signaler que récemment de nouvelles sociétés de sauvetage se sont fondées en Angleterre à l'instigation de réfugiés allemands, spécialistes de cette branche de l'industrie maritime et désireux de continuer leur activité professionnelle dans le pays où ils ont été accueillis.

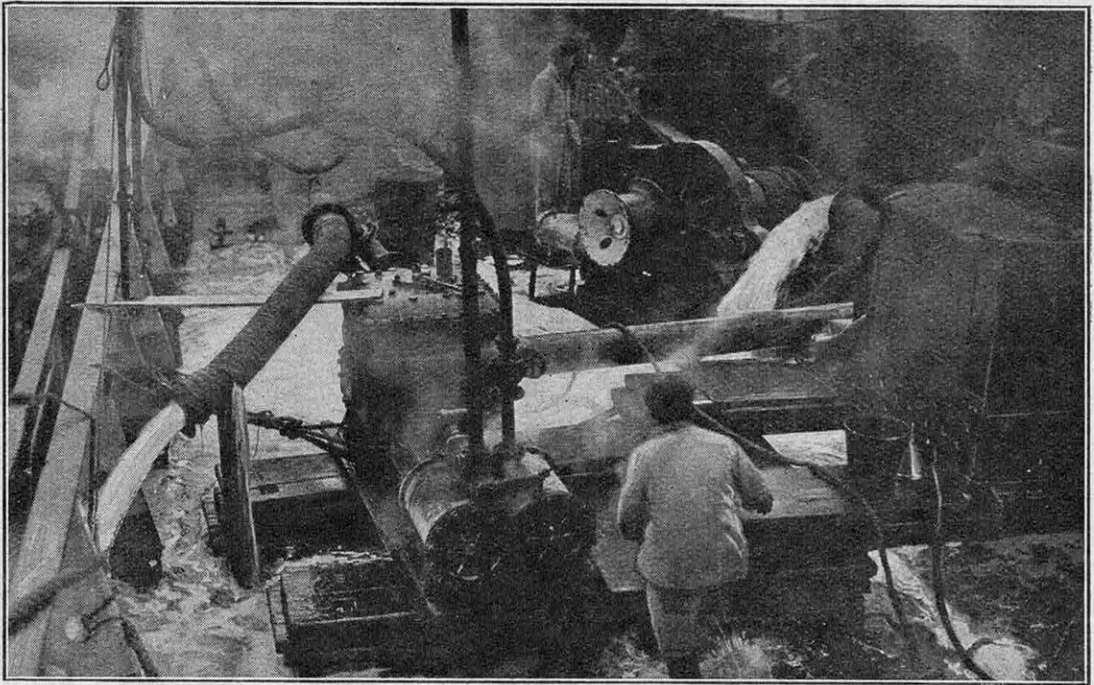


FIG. 9. - POMPE MOBILE D'ÉPUISEMENT INSTALLÉE SUR LE PONT D'UN BATIMENT A RENFLOUER

### Les plus puissants remorqueurs de sauvetage sont étrangers : l'effort de la France

L'armement des remorqueurs de haute mer, le sauvetage et l'assistance maritime ont été longtemps l'apanage de firmes scandinaves, allemandes et hollandaises, dont certaines ont acquis une réputation mondiale justifiée. C'est un armement néerlandais qui possède le plus puissant remorqueur de sauvetage en service : il est mû par deux Diesel totalisant 3 300 ch et un bâtiment de même importance vient d'être achevé récemment, mais il est propulsé par un unique moteur Diesel de 3 000 ch, qui lui assure une vitesse en route libre de 16 nœuds. Cette société entretient de grands

S'il n'y a pas, en ce moment, de remorqueurs de sauvetage français aussi puissants ni aussi rapides que les bâtiments étrangers similaires, stationnés à l'extrême pointe de la Bretagne, il ne faut pas croire que la flotte des remorqueurs français soit négligeable et dépourvue d'intérêt.

Au 1<sup>er</sup> janvier 1938 et sur un total de 3 492 navires, jaugeant 2 887 650 tonneaux, la marine marchande française comptait 348 remorqueurs (dont 32 à Diesel) jaugeant 34 360 tonneaux. Numériquement, on le voit, 1 bâtiment sur 10 de notre flotte de commerce est un remorqueur et cette proportion témoigne de l'importance et de l'utilité de ces bâtiments. De ce nombre, 15, avec une puissance motrice supérieure à 1 000 ch, sont des remorqueurs de haute



mer, la plupart étant capables d'ailleurs de remplir la double fonction de sauvetage et de remorquage.

Les plus puissants sont inscrits au Havre ; ce sont le *Minotaure* (2 500 ch), de la Compagnie Transatlantique, et l'*Abeille-XXIV* (1 800 ch) qui appartient au plus important armement français privé spécialisé en la matière, et dont la flotte comprend 6 remorqueurs de haute mer ou de sauvetage de

remorqueurs n'est cependant pas une société privée, mais bien l'Etat, en la personne de la Marine militaire. La liste des bâtiments de la Flotte montre, en effet, qu'au 1<sup>er</sup> janvier 1938, notre marine ne possédait pas moins de 122 de ces bâtiments en service ou en construction, dont 2 de 2 000 ch, 4 de 1 800 ch et 18 de 1 000 à 1 800 ch. Ces remorqueurs sont répartis dans nos différents arsenaux et bases lointaines.

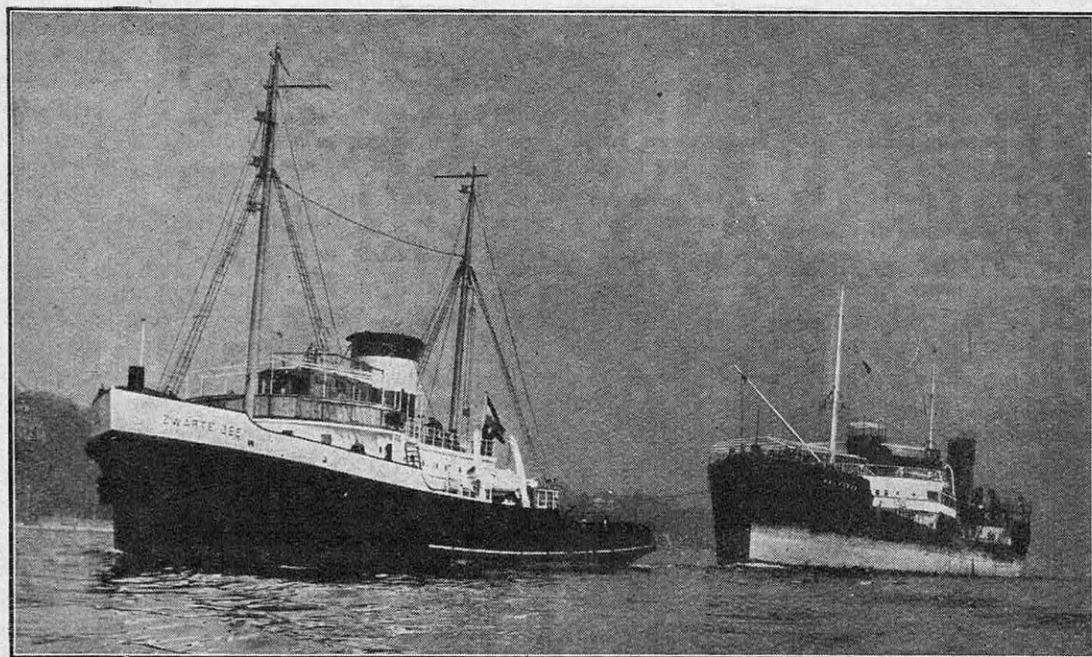


FIG. 10. — UN DES PLUS PUISSANTS REMORQUEURS DE SAUVETAGE DU MONDE, LE « SWARTE ZEE » (HOLLANDE)

*Ce bâtiment mesure hors tout 63 m 40. Propulsé par deux Diesel totalisant 3 300 ch et commandant au moyen d'un train d'engrenages une hélice, il peut filer 17,50 nœuds. Il dispose d'une pompe d'épuisement fixe de 240 t de débit horaire (manches de 15 cm), d'un engin mobile de même puissance et d'une pompe mobile spéciale pour aspirer les sables et boues. Toutes sont mues et commandées électriquement par différents groupes Diesel-électriques auxiliaires. Il est également muni d'un matériel complet de scaphandrier, de matériels de rivetage et de soudure, et de tous les procédés les plus modernes d'extinction du feu, notamment par injection de gaz carbonique dans les cales et soutes du bâtiment en péril.*

plus de 1 000 ch, 9 remorqueurs de 500 à 1 000 ch et 13 plus petits. Des armements analogues se rencontrent dans la plupart de nos grands ports : à Dunkerque, par exemple, il en est un qui arme 15 remorqueurs (1 de plus de 1 000 ch et 5 de 500 à 1 000 ch) ; à Marseille, deux sociétés sont respectivement propriétaires de 24 et 11 de ces bâtiments ; une autre, à Alger, en possède 8 et a mis en service, il y a quelques mois, un remorqueur de sauvetage de 1 250 ch qui est une des unités de ce type les plus récentes et les mieux appropriées de notre flotte.

Le plus important armateur français de

C'est ainsi que le plus puissant et le plus moderne d'entre eux, le *Buffle* (890 t et 2 000 ch) est destiné au point d'appui si important de Dakar (1). Bien évidemment, les remorqueurs de la Marine militaire n'ont pas pour objet de se livrer au sauvetage et au remorquage des bâtiments de commerce ; mais leur rôle n'en est pas moins le même que celui des remorqueurs de commerce et, en maintes occasions, on n'a jamais hésité à les envoyer, eux aussi, au secours des bâtiments désarmés. H. LE MASSON.

(Photos des Compagnies Smits et les Abeilles.)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 372.

# UNE UTILISATION RATIONNELLE DU BOIS : SA TRANSFORMATION EN SUCRE

Par L. DELAVENNA

INGÉNIEUR CHIMISTE E. C. I. L. — LICENCIÉ ÈS SCIENCES

*La cellulose, hydrate de carbone qui entre pour une grande part dans la composition du bois, est susceptible d'être transformée, par un traitement approprié, en un autre hydrate de carbone : le sucre. Cette propriété, qui est connue depuis plus d'un siècle, n'a pu recevoir d'applications pratiques que tout récemment par la mise au point de méthodes de fabrication permettant d'obtenir des solutions sucrées de concentration suffisante. Ces procédés (Bergius, Scholler, etc.), qui fournissent par ailleurs des sous-produits de grande valeur (tannins, lignine, furfurool), utilisent le bois d'une manière très rationnelle et permettraient, le cas échéant, de fabriquer, par fermentation du glucose, les énormes quantités d'alcool qu'exigerait, en cas de conflit, notre défense nationale pour la fabrication des poudres et les besoins de la motorisation.*

IL est une date très importante dans l'histoire de la chimie : c'est celle de la naissance de la grande industrie chimique, conséquence du blocus continental. Sous l'impulsion de Napoléon, certaines industries furent créées artificiellement au début du siècle dernier, et l'on découvrit, sans leur donner le nom qu'ils ont reçu depuis, les premiers ersatz. C'est ainsi que le sucre de betterave, qu'on eut l'idée de fabriquer à cette époque, ne tarda pas à concurrencer victorieusement le sucre de canne.

Peu de temps après, en 1819, un chimiste français, Braconnot, obtenait un jus sucré en faisant agir une solution d'acide sulfurique dilué et bouillant sur de la sciure de bois. Le principe de la fabrication du sucre à partir du bois était découvert.

Mais, du principe à la réalisation industrielle, la distance était grande, et soit que le besoin ne s'en fit pas sentir, soit — ce qui revient au même — que le sucre de bois pût difficilement soutenir la concurrence du sucre de betterave, aucune entreprise viable ne put être créée pour utiliser le procédé ; et il fallut attendre un deuxième « blocus continental » pour que l'on examinât sérieusement la question. Pendant la guerre, les gouvernements américain, suédois et allemand montèrent des usines qui réalisaient cette transformation avec un rendement dérisoire, et les usines qui naquirent à cette époque durent fermer aussitôt que l'on revint à des conditions économiques plus normales. Cependant les chimistes allemands continuèrent à s'intéresser à cette question, sans doute parce que l'Allemagne

n'est pas revenue à ces conditions normales et s'en est plutôt éloignée depuis l'avènement de la politique d'autarcie. Ils ont réussi dernièrement à mettre au point deux procédés. Avant de les examiner, nous exposons le principe de la transformation chimique du bois en sucre.

## Aperçu sur la composition du bois et la constitution chimique des sucres

Le bois est en grande partie formé de composés complexes, dont la cellulose, les héli-celluloses et la lignine sont les constituants principaux. Viennent ensuite, en petite quantité : l'acide acétique, les tanins, le furfurool, les résines, les graisses et certains sels minéraux.

La composition en poids varie suivant les essences, mais on peut distinguer deux groupes principaux : les bois de conifères et les bois d'arbres à feuilles caduques, dont les constituants sont sommairement indiqués ci-dessous d'après Hägglund :

Constituants	Conifères	Arbres à feuilles caduques
Celluloses et hémicelluloses	66	75
Lignine . . . . .	30	24
Résine et extrait tannant.	3	»
Cendres . . . . .	1	1

La cellulose, les héli-celluloses et les sucres (sucre ordinaire ou saccharose, sucre de fruit ou fructose, fermentescible) sont des hydrates de carbone. La proportion d'eau contenue dans la molécule est plus forte



pour les sucres que pour la cellulose, elle est plus forte pour le glucose que pour le saccharose. On conçoit donc que, par des procédés appropriés, on puisse, en fixant de l'eau sur la cellulose, la transformer en glucose.

Cette réaction porte le nom d'*hydrolyse* (1).

L'hydrolyse, qui permet de passer du saccharose au glucose, porte le nom particulier d'*inversion* du sucre, le pouvoir rotatoire de la solution sucrée sur la lumière polarisée étant inversé par la réaction.

Les hydrolyses ne s'effectuent pas spontanément, mais, sous l'action de catalyseurs,

rique : la décomposition des sucres peu après leur formation. Il faut donc réduire la durée du séjour « dans le milieu réactionnel » en faisant circuler l'acide chaud en continu à travers le bois, de façon à éliminer rapidement le sucre.

La mise au point technique eut lieu de 1927 à 1931, à la Distillerie et Fabrique de Levures pressées de Tornesch. L'appareillage est constitué par trois grands « digesteurs » cylindriques d'une capacité totale de 65 000 litres, pouvant traiter 25 000 kg de bois journalièrement. Ils sont en tôle de fer garnie

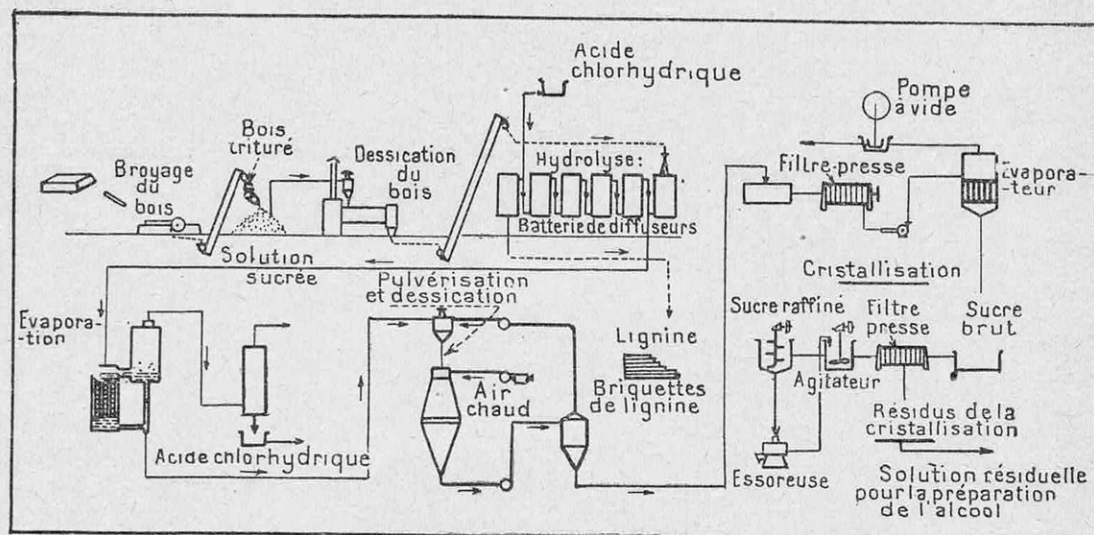


FIG. 1. — SCHEMA DE PRINCIPE DE LA FABRICATION DU SUCRE PAR LE PROCÉDÉ BERGIUS

Le bois, qui contient normalement 30 à 40 % d'eau, est soumis à une dessiccation qui amène cette proportion à 1 %. On l'hydrolyse alors méthodiquement dans la batterie de diffuseurs et on obtient un mélange de sucres divers. On élimine la plus grande partie de l'acide chlorhydrique par chauffage, et le glucose fermentescible, débarrassé du reste de l'acide par la pompe à vide, est neutralisé et raffiné. Les résidus du raffinage servent à la préparation de l'alcool.

dont les meilleurs sont les acides minéraux. Les héli-celluloses sont hydrolysables. La lignine, composé mal défini qui contient comparativement plus de carbone que la cellulose, n'est pas hydrolysable.

Suivant les catalyseurs, on obtient des solutions sucrées plus ou moins concentrées, qui sont utilisées de façons différentes.

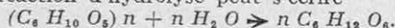
Examinons maintenant les deux procédés allemands Scholler et Bergius.

### Le procédé Scholler

Scholler reconnut la cause des mauvais rendements d'hydrolyse par l'acide sulfu-

(1) La formule de la cellulose est  $(C_6 H_{10} O_5)_n$ ,  $n$  étant un coefficient très grand, mais inconnu ; celle du saccharose est  $C_{12} H_{22} O_{11}$ , et celle du glucose  $C_6 H_{12} O_6$ .

La réaction d'hydrolyse peut s'écrire



intérieurement de briques antiacides ; la pression est de 8 atmosphères (température 170°-180°) ; l'acide est évacué rapidement avec le sucre, mais la sortie de la lignine grumeleuse, laborieuse au début, a lieu maintenant en quelques minutes, par jet de vapeur. Depuis 1934, un appareil de 50 m<sup>3</sup> donne, paraît-il, d'excellents résultats. Actuellement, la production mensuelle dépasse 100 000 hectolitres d'alcool obtenus avec un rendement pratique atteignant entre 60 et 70 % du rendement théorique.

La lignine évacuée présente un intérêt particulier : par combustion, elle ne donne ni cendres, ni scories ; à l'état pulvérulent, elle peut, grâce à ses propriétés particulières, être utilisée directement dans les moteurs à explosions du type « Rupa » (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 208.

Matière première d'excellents charbons actifs, elle constitue aussi, sous forme de briquettes, un combustible domestique très apprécié.

Comme sous-produit, l'usine de Tornesch fournit des tanins d'excellente qualité.

Malheureusement, les jus sucrés sont trop dilués pour qu'on obtienne économiquement des sucres, et c'est pourquoi Scholler réalise la préparation de la levure pressée, à la demande du ministère de l'Alimentation nationale, en vue de l'alimentation du bétail. La solution sucrée, additionnée des matières nutritives nécessaires à la croissance de la levure (en l'espèce, des composés minéraux azotés), estensemencée de « saccharomycès », qui se développent au détriment du sucre jusqu'à épuisement ; on centrifuge et on presse la masse de levure ; on obtient finalement 25 kg de produit sec, à 50 % d'albumine, par 100 kg de déchets de bois sec.

La valeur alimentaire de cette levure de sucre de bois serait analogue à celle de la levure sèche du commerce extraite de la levure de bière ; elle serait même bien supérieure à celle des autres matières alimentaires azotées comme la farine de poisson, les grains de soja, et l'emploi de l'albumine de cette levure pourrait, éventuellement, être envisagé pour l'alimentation humaine.

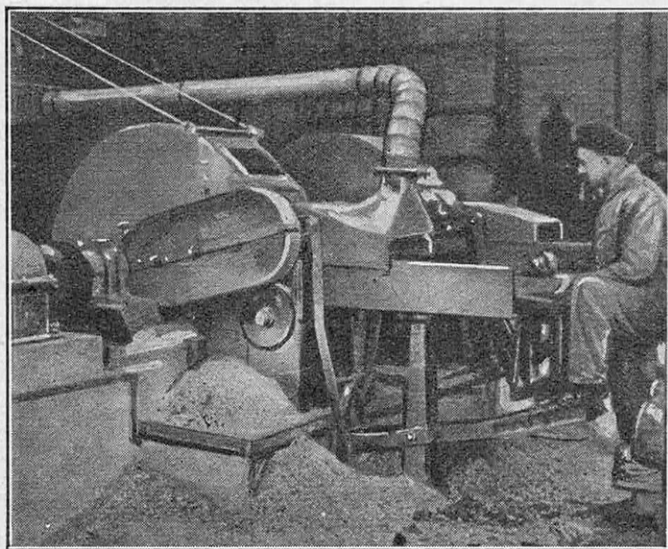


FIG. 2. — LE BROYAGE DU BOIS, PREMIÈRE PHASE DU TRAITEMENT POUR SA TRANSFORMATION EN SUCRE

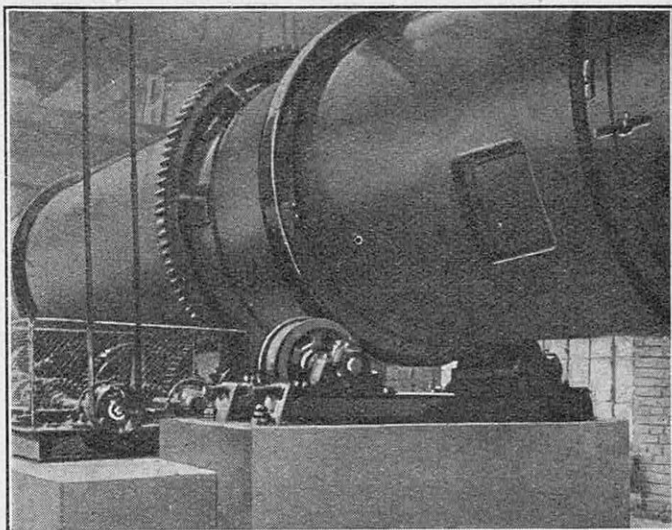


FIG. 3. — LA DESSICCATION DU BOIS, APRÈS SON BROYAGE, S'EFFECTUE DANS UN CYLINDRE TOURNANT

### Le procédé Bergius

Déjà, en 1914, l'Allemand Willstätter, dans une étude remarquée, avait établi que l'acide chlorhydrique de faible teneur (38,2 %) ne dissout pas la cellulose, alors qu'à 41,1 % il en attaque 15 % et qu'après un certain temps d'action, 95-96 % sont transformés en sucre. Bergius, employant de l'acide à 40 %, n'a plus qu'une consommation réduite, du fait que la solution acide et sucrée peut réagir plusieurs fois, tout au moins deux fois, sur une nouvelle charge de bois, ce qui rend le procédé économique.

L'appareillage est constitué par une batterie de diffuseurs, comme pour l'épuisement systématique des cossettes de betteraves sucrières, avec huit à dix cylindres, émaillés intérieurement de « havegite » (ciment spécial antiacide), d'une capacité prévue, en 1934, de 20 m<sup>3</sup> ; la production envisagée est de 6 à 8 000 t par an d'hydrates de carbone. (Le schéma des opérations, qui constituent le procédé Bergius, est représenté à la figure 1).

Le procédé Bergius est en exploitation à Mannheim-Rheinau ; il est l'aboutissement d'un travail de mise au point technique absolument remarquable et digne d'admiration, quand on sait les difficultés que présente l'emploi



de l'acide chlorhydrique concentré, alors que le succès du procédé dépend essentiellement, pour ne pas dire uniquement, de l'appareillage.

Par une série de traitements, le « Cycle Bergius » complet pourrait donner une gamme étendue de produits.

La farine de bois, épousée d'abord à l'eau chaude, libère des extraits tannants : acides gallo-tanniques ; par action d'un acide dilué, il y a dégagement de furfurole et attaque

jus sucrés conduisent à l'alcool éthylique et à la fabrication des levures.

La lignine, par oxydation, donne les acides acétique, formique, oxalique et succinique ; par réduction, il y a formation d'un mélange de carbures saturés gras. Elle peut être méthylée, acétylée, benzoylée. Par distillation sous pression réduite, on retire encore de l'acide acétique, et, par calcination, on obtient un charbon actif ; par pressage, la lignine donne des plaques et des briquettes

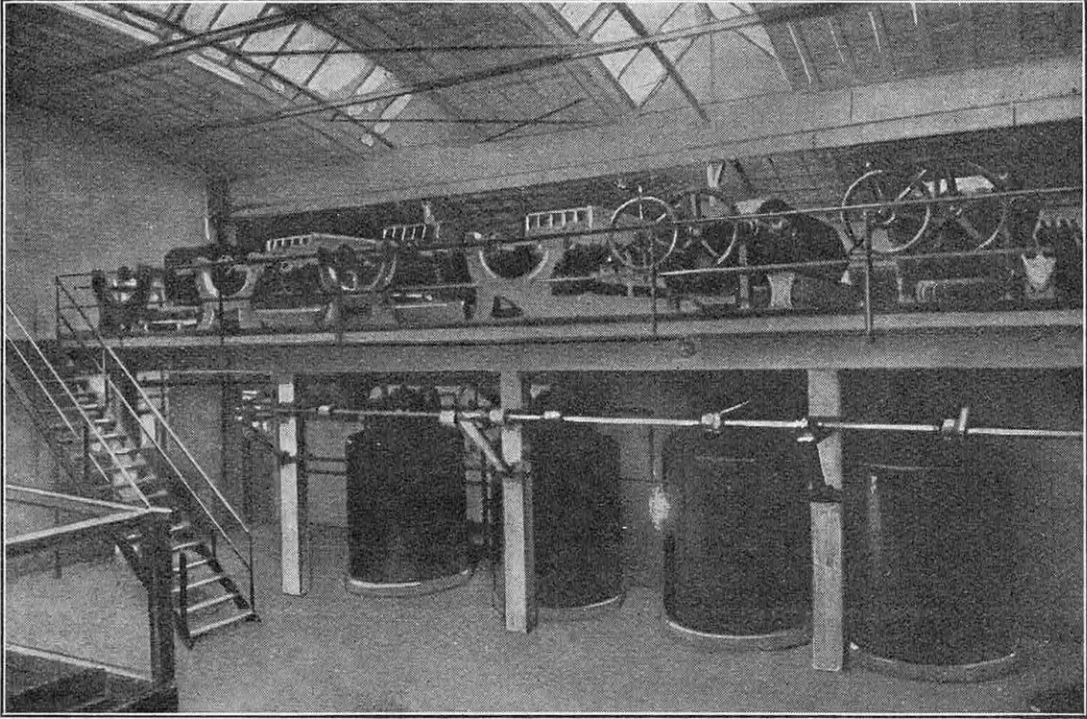


FIG. 4. - FILTRES-PRESSES SÉPARANT LES CRISTAUX DE SUCRE DU LIQUIDE QU'ILS, RETIENNENT

des héli-celluloses seules pour donner de l'extrait de xylose ; la résine est obtenue ensuite, après séchage du bois et extraction par le benzène. Puis commence la saccharification par l'acide chlorhydrique concentré séparant le constituant insoluble, la lignine, des jus sucrés dont on extrait, par distillation sous pression réduite, l'acide chlorhydrique réactionnel et l'acide acétique formé. Par concentration spéciale se dépose le mélange des sucres pulvérulents dont on peut retirer ensuite, par des cristallisations fractionnées, soit du glucose pur, soit du glucose pour la confiserie, soit encore du glucose pour l'alimentation du bétail. Les eaux-mères contiennent des produits fermentescibles conduisant à la glycérine et à l'acide lactique. Enfin, par fermentation, les

appréciées ; le produit de moûture forme une bonne matière de remplissage.

Le furfurole, obtenu très facilement dans le pré-traitement, est cher et très recherché pour ses qualités exceptionnelles : l'acide oxalique est le produit de son oxydation nitrique, comme l'alcool amylique secondaire est celui de sa réduction ; l'ammoniac le transforme en furfuramide utilisé comme accélérateur du caoutchouc et comme produit de remplacement du camphre ; par combinaison avec l'urée, il forme des matières plastiques réputées, de même qu'avec l'acétone, l'aniline et le phénol, il donne des résines solubles dans le furfurole lui-même ; c'est un dissolvant des esters de celluloses et leur plastifiant. On conçoit donc aisément l'intérêt de la préparation du furfurole.

### Les procédés à l'étude

Toujours en Allemagne, on étudie actuellement un procédé à l'acide fluorhydrique. L'attaque a lieu à température ordinaire. Il faut 1 kg d'acide pour 1 kg de bois. L'acide fluorhydrique est ensuite chassé par chauffage à 100°, ce qui achève la réaction et rend le bois friable. Après neutralisation, on filtre et on concentre la solution obtenue.

En France, des études ont été faites.

Le procédé Fouque, qui serait encore à la phase d'expérimentation, emploie, comme catalyseur, de l'acide sulfurique à 2 % sous une pression de 25 kilogrammes/cm<sup>2</sup>.

Le chimiste Faucounau a fait dernièrement une étude systématique très complète de tous les facteurs influençant les phénomènes d'hydrolyse. Le pin maritime des Landes donne les meilleurs rendements avec une acidification chlorhydrique à 2,5 % de bois sec à 6,5 kg de pression (température 160°-165°) pendant cinq minutes ; d'autre part, la quantité de sucres formés est sensiblement indépendante de la durée de la cuisson, entre deux et quinze minutes. Le rapport de l'eau au bois sec est sans action sur le rendement en sucres totaux et en sucres fermentescibles, l'eau devant seulement faciliter le contact du bois et de l'acide : la teneur peut varier de 200 à 400 %.

Faucounau conclut que, si l'on admet une perte de 5 % à la rectification de l'alcool, on doit obtenir, pour 100 kg de bois sec : 10 litres d'alcool absolu, 3 kg d'acide acétique, 1,8 kg d'acide formique, 4,6 kg de furfurole et 26,7 kg de lignine.

### Le sucre de bois et la défense nationale

L'alcool éthylique, qui peut être fabriqué par fermentation des solutions sucrées, a

une grande importance au point de vue de la Défense nationale. La fabrication des poudres sans fumée (1) en absorbe d'énormes quantités. D'autre part, la consommation croissante des combustibles liquides pose, même en temps de paix, un problème technique et économique nouveau : la France produit actuellement 100 000 t d'alcool, alors que les besoins dépassent 2 millions.

La France, qui est presque entièrement tributaire de l'étranger au point de vue de son ravitaillement en carburant, a cherché à se libérer d'une partie de ses importations par addition d'alcool à l'essence, mais l'alcool de betteraves, le seul qu'elle fabrique actuel-

lement (2), est déjà insuffisant et il serait plus rationnel de réserver les betteraves à l'alimentation du bétail.

Mais le problème devient angoissant si l'on songe à l'énorme quantité de carburant qu'une armée moderne — presque entièrement motorisée — consommerait, alors que notre

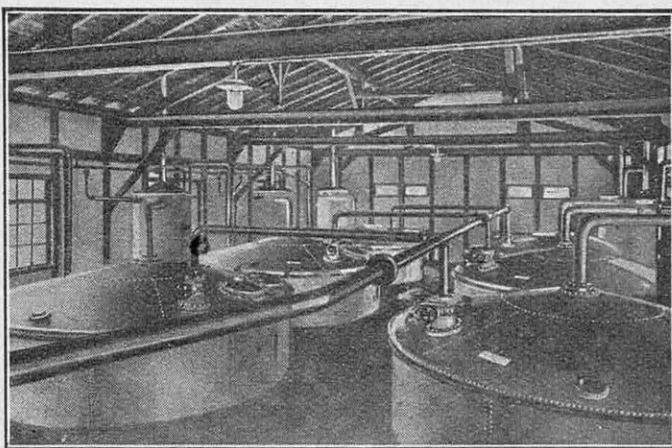


FIG. 5. — CUVES DE FERMENTATION POUR LA FABRICATION DE L'ALCOOL A PARTIR DU SUCRE DE BOIS

seul gisement de pétrole, de par sa situation géographique, est extrêmement vulnérable. Un certain nombre de véhicules militaires ont été équipés de gazogènes leur permettant de brûler directement du bois. Mais nous avons vu que le bois contient des produits très précieux. Il est donc préférable de le transformer en sucre, puis en alcool. Cette fabrication — qu'il serait difficile d'improviser, la mise au point des usines nécessitant plusieurs mois — permettrait d'exploiter les énormes ressources qu'offrent à la France les 140 millions d'hectares de forêts de son Empire colonial.

L. DELAVENNA.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 117.

(2) L'« assainissement » du marché prévoit la dénaturation d'un certain tonnage de blé et sa transformation en alcool, ajouté à celui qui est obtenu par la distillation de l'alcool de vin en excédent.



# LES CURIEUSES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DE L'HYDROGÈNE « LOURD » ET DE L'EAU « LOURDE »

Par A. GUILLAUMIN  
INGÉNIEUR CHIMISTE

*Il y a quelques années, on croyait connaître parfaitement l'eau, composé banal d'oxygène et d'hydrogène, lorsque des savants américains s'aperçurent qu'elle n'était pas même un corps pur. Elle contient, en effet, en quantité non négligeable, une combinaison de l'oxygène avec un isotope (1) de l'hydrogène : le deutérium. Ce composé, appelé eau lourde, a pu être isolé par les physiciens. Mais, comme on connaît plusieurs sortes d'hydrogène : parahydrogène et ortho-hydrogène (2), et que l'oxygène a au moins un isotope, chaque combinaison entre ces deux corps « simples » peut constituer autant de variétés d'eau. Le deutérium, ou hydrogène lourd, a des propriétés particulières très intéressantes pour le physicien, le chimiste et le biologiste. Les combinaisons diverses où il entre, « marquées » en quelque sorte par sa seule présence, demeurent aisément identifiables, ce qui rend possible une étude serrée du mécanisme des réactions de la chimie minérale et surtout de la chimie organique, et donne, en biologie, de précieuses indications sur les échanges nutritifs qui s'effectuent dans les tissus des êtres vivants et que nous demeurions jusqu'ici incapables de préciser.*

**D**ANS les sciences physicochimiques, la recherche progresse le plus souvent par bonds successifs ; il semble qu'il s'agisse de l'exploration de quelque château de féerie : une nouvelle salle est-elle découverte ? La foule s'y précipite, en détermine rapidement les caractéristiques principales, puis s'intéresse aux moindres détails ; chacun voit et explique les choses à sa manière, et les controverses vont leur train, alimentant les publications spécialisées et arrondissant le bagage de travaux scientifiques des participants, jusqu'à ce que quelque chercheur, plus heureux ou plus perspicace, avise, sous une tenture dont on a pourtant examiné méticuleusement chaque fil, une porte dérobée, donnant accès à une salle nouvelle... Et les études recommencent, suivant un cycle analogue.

S'il est un cas où les choses se sont passées de cette façon, c'est bien en ce qui concerne l'isotope de l'hydrogène, l'hydrogène « lourd », et *La Science et la Vie* n'a pas manqué de signaler en son temps, par la plume de son éminent collaborateur le regretté profes-

seur Matignon (1), cette nouvelle porte ouverte sur l'infini de l'inconnu ; cinq ans à peine se sont écoulés depuis lors, et plus de six cents mémoires scientifiques ont été consacrés à ce nouveau sujet d'études ! Le moment est donc venu de « faire le point » pour nos lecteurs ; tâche rendue difficile par ce grand nombre de travaux, touchant aux questions les plus délicates et les plus controversées de la physique, de la chimie et de la biologie, mais tâche singulièrement allégée par le lumineux exposé de M. Matignon, et par les belles études d'ensemble que M. le professeur Darmois a consacrées récemment au « deutérium ».

## Qu'est-ce que le « deutérium », et où le trouve-t-on ?

Dans le cadre de la chimie classique, le deutérium trouve parfaitement sa place : c'est un isotope de l'hydrogène, c'est-à-dire un élément — un corps simple — dont chaque atome constitue un système solaire identique à un atome d'hydrogène en ce qui concerne les électrons, — les planètes, — mais dont le noyau central — le Soleil — est plus lourd de 1 unité, constituée par un « neutron » (2) : c'est ce que montre schéma-

(1) Les isotopes sont des variétés d'un même corps simple qui ont des propriétés chimiques identiques, mais différent par le poids atomique et par certaines propriétés physiques. Un grand nombre de corps simples se présentent normalement sous la forme de mélanges d'isotopes. Exemple : le chlore, le plomb, etc.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 155, page 368.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 202, page 345.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 105. Rappelons qu'il existe des isotopes dont les poids atomiques diffèrent, non pas de 1, mais de 2, 3... unités.

tiquement la figure 1 ; mais, ceci dit, il faut s'empresse de reconnaître que le deutérium diffère nettement des isotopes déjà connus.

En effet, la masse atomique de l'hydrogène étant égale à 1, celle du deutérium (1+1) est *deux fois* plus forte, alors que, pour les autres éléments, une augmentation de 1 unité ne constitue qu'un pourcentage assez faible ; conclusion pratique : les propriétés *chimiques* du deutérium diffèrent nettement de celles de l'hydrogène, alors que l'on admettait comme un dogme que ces propriétés, étant sous la seule dépendance des électrons, devaient être les mêmes pour les divers isotopes d'un même corps simple. On voit que, de toutes façons, ces faits nouveaux exigent une sérieuse révision des idées classiques sur les isotopes.

Par contre, en bon isotope classique, le deutérium accompagne l'hydrogène dans toutes ses combinaisons, et en particulier dans l'eau ; toutes les eaux naturelles renferment de l'eau « lourde » — formée de 1 atome d'oxygène et de 2 atomes de deutérium — dans des proportions variables, mais voisines de 1/4 000 ; l'extraction de cette eau « lourde » est devenue, sinon industrielle, du moins commerciale, et chacun peut, aujourd'hui, se procurer cette eau, d'une pureté de 99,5 %, au prix relativement modique de 20 fr le gramme ; parmi les différents procédés de séparation possible, c'est toujours à l'électrolyse fractionnée (pratiquée de préférence à l'aide de courant alternatif redressé ou de courant commuté, afin d'accroître la polarisation anodique) que l'on s'adresse, bien que — chose curieuse — ce soit l'un des moins indiqués de prime abord : en effet, les constantes physiques de l'eau « lourde » (point de fusion, 3°8 ; point d'ébullition, 101°5) différent assez nettement de celles de l'eau ordinaire pour qu'il semble logique d'envisager une extraction par cristallisation ou distillation fractionnée, alors que le phénomène de concentration par électrolyse reste un peu obscur. Signalons, à ce propos, un procédé naturel de concentration auquel on ne semble pas avoir prêté une attention suffisante, et que comprendront facilement ceux de nos lecteurs qui ont quelque peu parcouru les montagnes : dans les parties inférieures des grands glaciers coulent, dans un lit de glace vive, de véritables torrents d'eau de fusion ; puisque l'eau « lourde » fond vers 4° au-dessus de 0°, il doit se faire un échange entre liquide et solide, le composé le plus fusible — l'eau ordinaire — passant dans le torrent, et le composé le moins

fusible — la précieuse eau « lourde » — se concentrant à la surface de la glace, dans le lit de ce dernier ; il faudrait donc, par un chaud jour d'été, détourner l'un de ces torrents glaciaires — affaire de quelques coups de piolet — et recueillir, en aval, l'eau de fusion provenant des couches externes du lit primitif : peut-être y trouverait-on une teneur relativement élevée du produit cherché, dont l'extraction finale, par les procédés usuels, se trouverait singulièrement facilitée. En ce qui concerne la distillation fractionnée, nous nous bornons à mentionner la possibilité de concentration de l'eau « lourde » dans les chaudières à circuit d'eau fermé et pertes compensées par appoint d'eau distillée.

### Les diverses eaux « lourdes »

Jusqu'ici, nous n'avons parlé, pour simplifier, que de deux eaux : eau « ordinaire », ou eau « légère », ou protoxyde d'hydrogène, formée de 1 atome d'oxygène et de 2 atomes d'hydrogène ; eau « lourde », ou protoxyde de deutérium, formée de même de 1 atome d'oxygène et de 2 atomes de deutérium ; mais, en fait, les choses sont beaucoup plus complexes : nous savons déjà (voir l'article de M. Matignon signalé plus haut) qu'il existe une eau « demi-lourde », résultant de l'union de 1 atome d'oxygène, 1 atome d'hydrogène, 1 atome de deutérium, mais ce n'est pas tout ! L'oxygène lui-même, de poids atomique 16, a au moins un isotope, de poids atomique 18 ; en outre, des considérations de thermodynamique avaient conduit, antérieurement à la découverte du deutérium, à admettre l'existence d'une modification de l'hydrogène, le « parahydrogène », auquel correspond un « paradeutérium » ; l'hydrogène serait ainsi un mélange de 3 parties d'orthohydrogène et de 1 partie de parahydrogène, le deutérium comportant au contraire 1/3 seulement de forme « ortho » ; on voit, bien que ces modifications ne se retrouvent pas nécessairement dans les dérivés, la complexité des composés possibles ! Quoi qu'il en soit, ce qui apparaît maintenant comme une rareté est l'eau, nous ne dirons pas « ordinaire », mais « classique », formée de 1 atome d'oxygène O = 16 et de 2 atomes d'hydrogène H = 1, qui n'a été obtenue à l'état de pureté que tout récemment, par MM. H. Wahl et C. Vrey.

Le dosage de l'eau « lourde » dans l'eau ordinaire se fait par des méthodes purement physiques ; par exemple, on emploie un flotteur creux, en silice, et on cherche la



température à laquelle il faut porter le mélange pour que ce flotteur nage exactement entre deux eaux ; d'autres méthodes sont basées, non sur la densité, mais sur des différences de conductibilité, sur des phénomènes d'interférence, etc.

### L'hydrogène « lourd » et les combinaisons hydrogénées « lourdes »

En principe, le deutérium peut se préparer à partir de l'eau « lourde » par toutes les méthodes qui permettent d'obtenir l'hydrogène à partir de l'eau ordinaire ; on a recours notamment à l'électrolyse et à l'action des

ment, et l'on peut dire que rien n'empêche d'obtenir tous les dérivés résultant du remplacement, par le deutérium, de 1 ou plusieurs atomes d'hydrogène dans un corps hydrogéné : ce n'est qu'une question de temps... et d'argent. Si l'on considère que les répertoires de chimie organique comportent quelque 400 000 composés hydrogénés, on voit quel vaste domaine est ouvert aux recherches nouvelles ! C'est ce que soulignait déjà, dans l'article précité, M. Matignon, parlant des alcools « lourds » et de leurs propriétés physiologiques possibles ; remarquons d'ailleurs que, en ce qui concerne

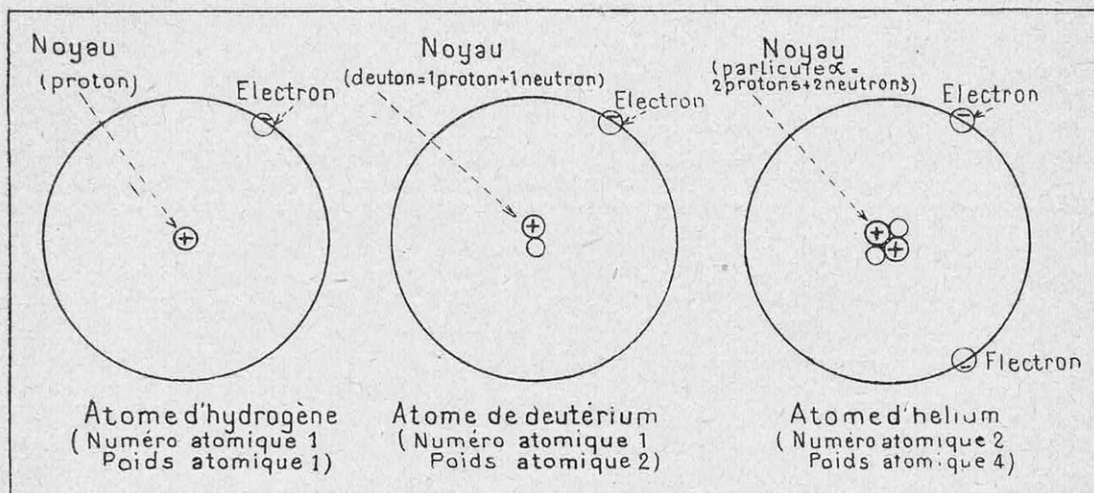


FIG. 1. — SCHÉMAS MONTRANT LA CONSTITUTION DU NOYAU ET LE NOMBRE D'ÉLECTRONS DES TROIS PREMIERS ÉLÉMENTS DE LA CLASSIFICATION ATOMIQUE ACTUELLE

Remarquer que, le poids atomique étant, en règle générale, voisin du double du numéro atomique, c'est le deutérium qui serait le composé normal, l'hydrogène constituant l'exception.

métaux oxydables ; les deux isotopes peuvent être séparés par diffusion à travers une paroi mince de palladium, chauffée à une température convenable.

Du point de vue physique, le deutérium s'écarte, bien entendu, très notablement de l'hydrogène. La densité est évidemment double, c'est-à-dire égale à la densité de l'hélium (1). Les autres propriétés sont également fort différentes ; la chaleur latente de vaporisation au point critique — considération importante en énergétique — est ainsi de 305 calories pour le deutérium, contre 218 pour l'hydrogène. Du point de vue chimique, les différences, sans disparaître complètement, s'estompent forte-

le seul alcool éthylique (alcool ordinaire ou esprit de vin), ce ne sont pas six composés, comme il a été dit, mais bien six groupes comportant au total 23 alcools nouveaux qui sont théoriquement possibles, comme le montre le tableau page 236. Simple jeu de l'esprit ? Non, car d'ores et déjà plusieurs de ces alcools ont été préparés, notamment l'un des plus simples, le n° 3, obtenu par action de l'éthylate de magnésium sur l'eau « lourde », et l'un des plus compliqués, le n° 19, qui prend naissance dans la fermentation alcoolique du glucose dans ce même liquide.

Dès à présent, de très nombreux composés « lourds » ont pu être obtenus, tant en chimie minérale qu'en chimie organique, presque toujours à partir de l'eau « lourde » : l'anhydride sulfurique fournit ainsi l'acide sulfurique « lourd » ; le carbure de calcium donne l'acétylène « lourd », dont la polymérisa-

(1) N'oublions pas, en effet, que le deutérium est un gaz bi-atomique, comme l'hydrogène, tandis que l'hélium est mono-atomique, comme tous les gaz rares ; donc,  $2 \times 2 = 4$  g de deutérium occupent le même volume que 1 atome-gramme (soit 4 g également) d'hélium.

ALCOOL ORDINAIRE		HHH	HH	H	
ALCOOLS LOURDS	1 D	1	HH D	HH	H
		2	HHH	HD	H
		3	HHH	HH	D
	2 D	4	HDD	HH	H
		5	HHH	DD	H
		6	HH D	HD	H
		7	HH D	HH	D
		8	HHH	HD	D
	3 D	9	DDD	HH	H
		10	HDD	HD	H
		11	HDD	HH	D
		12	HH D	DD	H
		13	HH D	HD	D
		14	HHH	DD	D
	4 D	15	DDD	HD	H
		16	DDD	HH	D
		17	HDD	DD	H
		18	HDD	HD	D
		19	HH D	DD	D
	5 D	20	DDD	DD	H
		21	DDD	HD	D
		22	HDD	DD	D
	6 D	23	DDD	DD	D

TABLEAU I. — A L'ALCOOL ÉTHYLIQUE ORDINAIRE CORRESPONDENT 23 ALCOOLS PLUS OU MOINS « LOURDS »

La molécule d'alcool éthylique renferme, comme le montre la formule  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ , 6 atomes d'hydrogène répartis en 3 groupes; un H d'un groupe ne joue pas le même rôle qu'un H d'un autre groupe, de sorte que l'on peut effectuer le remplacement de ces 6 H par D de  $(3+1)(2+1)(1+1) = 24$  façons différentes, y compris la combinaison « zéro deutérium », ce qui donne bien 1 alcool ordinaire et 23 alcools « lourds ». Pour les alcools dont la molécule est moins simple que celle de l'alcool éthylique, le nombre de combinaisons possibles devient effarant! Ainsi, on connaît depuis longtemps déjà les 17 alcools hexyliques; à chacun d'entre eux correspondent des milliers d'alcools plus ou moins « lourds » (1943 exactement pour l'alcool hexylique primaire normal, ou hexanol-1).

tion conduit, par la classique réaction de Berthelot, au benzène « lourd »; nous ne pouvons pas nous étendre ici sur ces travaux, mais nous voudrions cependant dire un mot de l'intérêt qu'ils présentent en ce qui concerne l'étude du mécanisme des

réactions; on sait, en effet, combien il est important pour le chimiste de pouvoir définir le processus par lequel le produit initial introduit dans ses appareils se transforme pour donner finalement le produit qu'il en retire; les hypothèses faites sur ce sujet sont souvent bien fragiles, et l'isolement de produits dits « intermédiaires » ne constitue pas toujours une preuve suffisante, puisque ces produits peuvent, la plupart du temps, provenir tout aussi bien d'une réaction secondaire; or, on conçoit que l'introduction d'un atome de deutérium dans une molécule puisse constituer une marque distinctive, une estampille, qui permettra de la suivre dans ses transformations successives, et d'identifier à coup sûr les produits de ces transformations: ainsi, l'alcool n° 19, dont nous parlions plus haut, renferme, à des emplacements bien déterminés, 4 atomes de deutérium contre 2 atomes d'hydrogène; on sait donc quels sont, parmi les 6 atomes d'hydrogène de l'alcool ordinaire obtenu par la fermentation classique, ceux qui proviennent du glucose et ceux qui proviennent de l'eau, alors que la formule globale autrefois admise impliquerait que les 6 atomes proviennent tous du sucre; une lumière singulière se trouve ainsi projetée sur un phénomène qui, bien que très étudié, est resté un peu mystérieux.

### Le deutérium et la vie; les souris « lourdes »

La fermentation alcoolique se rattache déjà aux phénomènes vitaux; on conçoit d'après ce qui précède, quelle aide puissante apporte au physiologiste, dans sa tâche si complexe, la possibilité de « marquer », au moyen du deutérium, un composé déterminé, et d'en suivre l'évolution dans l'organisme; de fait, on a pu approfondir ainsi, tout d'abord, le mécanisme du passage de l'eau dans les tissus, et notamment étudier la perméabilité de certaines membranes comme la peau de grenouille; ce nouveau procédé d'investigation (1) a, par ailleurs, rendu les plus grands services dans les recherches, toujours si délicates, relatives au métabolisme des diverses catégories d'aliments. On a constaté, d'autre part, que l'eau « lourde » n'était pas toxique, comme on l'avait cru tout d'abord, tout au moins à faible dose; le ralentissement constaté

(1) Cette méthode d'étude biologique présente un certain caractère de généralité: par exemple, on peut étudier le mécanisme des échanges de phosphore à l'intérieur de l'organisme au moyen du phosphore radioactif, obtenu en bombardant l'aluminium par des particules  $\alpha$ .



du développement des êtres vivants dans l'eau, lorsque cette dernière contient une proportion notable d'eau « lourde », semble plutôt due à un manque d'eau ordinaire : phénomène comparable, non à une intoxication, mais à une asphyxie lente, analogue à celle qu'éprouve un individu placé dans une atmosphère artificiellement enrichie en azote, au détriment de l'oxygène ; de fait, certains organismes vivent encore dans des eaux très riches en deutérium, et il semble établi qu'ils assimilent cet élément que l'on retrouve dans leurs tissus. Mais les expériences les plus frappantes ont été faites sur des souris auxquelles on a fait ingérer soit de l'eau « lourde », soit de l'huile de lin traitée par le deutérium en présence de palladium divisé (traitement calqué sur le procédé classique d'hydrogénation des huiles non saturées) : l'hydrogène « lourd » est bel et bien assimilé, et on le retrouve dans les réserves de graisse et dans les albuminoïdes des animaux ainsi alimentés ; bien plus, ces souris « lourdes » — ne peut-on pas leur appliquer ce qualificatif qui, d'après ce que nous venons de voir, signifie en somme « où le deutérium remplace l'hydrogène en totalité ou en partie » — transmettent leur deutérium à leur progéniture, et cet élément se retrouve jusque dans la génération suivante, alors même que la pré-

cedente a été alimentée normalement, ce qui semblerait prouver que l'organisme prend goût à l'hydrogène « lourd », et que cette dépravation est héréditaire ! Faits troublants qui, s'ils sont confirmés, — et tout porte à croire qu'ils le seront, — conduiront à modifier quelque peu quelques-unes de nos idées actuelles sur le métabolisme de certaines catégories d'aliments, sur l'hérédité, et, d'une façon générale, sur la plupart des phénomènes biologiques.

On voit la diversité et l'intérêt des problèmes qu'a soulevés la découverte du deutérium, dans les divers domaines de la physique, de la chimie et de la physiologie ; encore avons-nous laissé entièrement de côté tout ce qui concerne le noyau même de cet élément nouveau, le « deuton », qui, convenablement accéléré, constitue aujourd'hui l'un des plus puissants des projectiles utilisés par les « briseurs d'atomes », permettant notamment l'obtention des radioéléments artificiels (1) ; nous concluons donc, avec M. le professeur Darmois, que l'hydrogène, gaz banal, n'a pas fini d'étonner les savants, ce qui prouve que tous les sujets sont nouveaux quand on veut bien les regarder avec des moyens nouveaux, et surtout avec des idées nouvelles.

A. GUILLAUMIN.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 445.

## 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.

### NOTRE SÉCURITÉ<sup>(1)</sup>

**M**ONSIEUR PAUL BÉNAZET, président de la Commission Sénatoriale de l'Air, vient de consacrer à notre Défense Nationale, et plus spécialement aux questions de matériel, un livre qui tranche heureusement sur l'habituelle banalité des ouvrages traitant de cette question.

M. Paul Bénazet est un des parlementaires que sa carrière antérieure qualifiait pour un tel examen. Saint-Cyrien, officier de cavalerie, jeune breveté, il quitta de très bonne heure l'Armée pour le Parlement. Rapporteur successivement du Budget de la Marine, du Budget de la Guerre et du premier Budget de l'Aéronautique, compris alors dans ce dernier, il participa, de par ses

fonctions, aux discussions répétées qui mirent aux prises, entre 1910 et 1914, partisans et adversaires de l'artillerie lourde. Il semble bien que ce soit le souvenir de ces controverses passionnées qui l'ait incité à examiner, dans le même esprit, les principales questions que posent aujourd'hui les matériels de nos armées de terre et de l'air.

On se souvient certainement de la condamnation générale de l'artillerie lourde par les chefs responsables de l'armée française, quelques années avant 1914. Entre l'État Major général et la Direction de l'artillerie, c'était à qui trouverait les formules les mieux assénées pour démontrer l'inutilité du canon lourd. L'histoire en a conservé quelques-unes. « Vous nous parlez, messieurs, d'artillerie lourde, disait, en 1909, le repré-

(1) *Notre Sécurité*, par PAUL BÉNAZET. Prix franco : France, 20 f 50 ; étranger, 23 f 50.

sentant de l'État-major de l'Armée devant la Commission des Finances. Grâce à Dieu, nous n'en avons pas. Ce qui fait la force de l'armée française, c'est la légèreté de ses canons. » Celle que cite M. Paul Bénazet, et qui émane d'un directeur de l'Artillerie de 1913, est de la même veine : « Ne nous faites pas chausser les bottes de l'artillerie lourde allemande ! Elles nous empêcheraient de marcher. »

Bien rares furent alors les militaires qui étaient d'un avis différent et avaient le courage de le présenter. Le plus connu est le général Herr, qui finit sa carrière à la tête de l'artillerie française. Il commandait alors l'artillerie d'un corps d'armée et fut chargé de suivre la guerre balkanique. Il en revint avec un rapport concluant formellement à l'urgente nécessité d'une artillerie lourde.

« C'était, écrit M. Paul Bénazet, la même conclusion que Messimy, ancien ministre de la Guerre, et moi-même, alors rapporteur du budget, avions retenue à la suite de notre enquête à Andrinople et sur les lignes de Tchataldja. »

En 1914, il y avait deux questions de matériel : celle de l'artillerie lourde et celle des mitrailleuses. (« Nous en avons fait fabriquer pour faire plaisir à l'opinion publique, déclarait en 1910 le général directeur de l'infanterie. Mais ne vous y trompez pas : cet engin ne change rien à rien. ») En 1939, dix questions de même importance, sur lesquelles l'erreur d'appréciation peut avoir des conséquences aussi graves, se présentent à nos chefs des armées de terre et de l'air. L'armement de notre infanterie, l'artillerie de campagne, le char, le canon antichar, l'artillerie de D. C. A., l'aviation multiplient les problèmes de même importance dont les plus essentiels sont traités au cours de ce livre.

Sur la première de ces questions, l'armement de l'infanterie, M. Paul Bénazet fait sienne la préférence marquée dans les guerres les plus récentes, guerre d'Espagne notamment, en faveur du pistolet-mitrailleur, arme extra-légère avec crosse permettant le tir précis en épaulant. Nous avions nous-mêmes, dans un article de la *Revue Maritime* antérieur à la guerre d'Espagne, dénoncé ce choix extraordinaire, comme armement d'infanterie, de trois armes à tir tendu, fusil individuel, fusil-mitrailleur, mitrailleuse lourde, tirant la même munition ou des munitions de puissance équivalente, quand l'échelonnement des puissances des armes est certainement la plus générale des règles qui puissent présider à un choix. Il ne semble pas que l'on ait encore renoncé en beaucoup de pays à faire porter au fantassin, comme arme individuelle, un fusil de plus de 4 kg tirant des cartouches de 27 g, quand on peut avoir pour 1,5 kg un pistolet-mitrailleur tirant à l'épaule des munitions deux fois plus légères qui restent

efficaces sur plusieurs centaines de mètres. Aussi, peut-on admettre que, sur ce point, la thèse présentée par M. Paul Bénazet est exacte, mais que le renouvellement de l'armement individuel de notre infanterie ne présente pas encore un caractère d'extrême urgence.

Il n'en est malheureusement pas de même de l'armement de notre artillerie. On ne sait pas assez dans le grand public, et souvent même dans certains milieux militaires, que l'armée allemande a supprimé depuis plusieurs années le canon de 77 de son artillerie divisionnaire pour unifier celle-ci sur la base d'un obusier de 105, de portée supérieure à l'artillerie divisionnaire à tir tendu en service dans la plupart des pays. La nécessité du tir courbe pour toutes les pièces d'une artillerie divisionnaire, l'insuffisance de puissance de notre 75, à tir tendu et projectile de poids trop faible, l'insuffisance de portée de notre 155, lourd et tirant un projectile inutilement puissant, sont successivement exposés par l'auteur.

Même insuffisance quant à l'artillerie antichars, où notre armée est très probablement la seule à devoir se contenter d'un canon de 25 mm qui convenait peut-être à l'époque des chars d'assaut protégés par des blindages de 15 à 20 mm, mais qui n'aurait aucun effet contre les blindages de 50 mm et davantage qui se sont généralisés depuis que la guerre d'Espagne a montré l'impuissance des chars faiblement protégés.

Dans le chapitre sur l'artillerie de D. C. A., M. Paul Bénazet oppose notre matériel de 75 au matériel de 88 allemand à grande vitesse initiale dont la guerre d'Espagne a montré toute la puissance, et nos mitrailleuses de 13,2 aux canons automatiques allemands de 20 et de 37 et aux canons automatiques anglais de 40. On en recommandera la lecture aux Parisiens qui ont vu amener en hâte, en septembre dernier, quelques canons de 90 prêtés par la Marine pour la défense de notre capitale et on comprendra qu'en conclusion, l'auteur écrive :

« C'est en mesurant toute la gravité de ces mots que je déclare que ceux qui se sont refusés à la création d'un tel matériel, ou n'en ont pas compris la nécessité, ont assumé une responsabilité aussi grave que ceux qui, avant la guerre de 1914, se sont opposés à la création d'une artillerie lourde de campagne. »

On ne s'étonnera pas que l'aviation forme le sujet du principal chapitre. Le lecteur qui s'intéresse à la naissance des engins militaires appréciera certainement l'historique de la naissance des types d'avions actuels, de chasse et de bombardement, à partir des deux remarquables avions commerciaux que furent, vers 1932, chacun dans leur genre, l'avion postal Heinkel He-70 et l'avion de transport Douglas DC-2. La suite de l'histoire est malheu-



reusement moins réjouissante pour le lecteur français. Les erreurs de nos programmes de 1934, les échecs répétés de notre aviation militaire au meeting de Zurich de 1937 où nos plus récents avions de chasse étaient surclassés, de loin, par les avions de bombardement allemands, les résultats de la course Istres-Damas-Paris, où une escadrille d'avions de bombardement italiens faisait le parcours Istres-Damas d'une seule traite, à une vitesse de route de 20 km/h supérieure à la vitesse maximum des plus rapides de nos avions de chasse en service, l'infériorité française en moteurs de grande puissance, le mépris affiché jusqu'en 1938 pour le développement de nos usines de construction d'avions et de moteurs, toutes ces causes ou ces manifestations de la lamentable situation actuelle du matériel aérien français sont exposées successivement.

Dans une autre série de chapitres, M. Paul Bénazet essaie ensuite de dégager les responsabilités d'ensemble de cette situation. Il partage avec soin le blâme entre les Etats-Majors généraux dont les programmes, spécialement au ministère de l'Air, sont un des principaux facteurs de la situation actuelle, les services techniques dont les exigences et les lenteurs ajoutent aux erreurs de programmes les retards dans la réalisation, les ministres qui n'ont pas su exercer entre Etats-Majors et Services le rôle de coordination qui leur incombe, et qui se sont bornés à multiplier les déclarations optimistes pour rassurer une opinion qu'affole maintenant la révélation d'une situation qu'elle soupçonnait à peine, le Parlement qui s'en est rapporté à ces déclarations en s'abstenant d'exercer son contrôle.

On se permettra de penser que cette justice distributive, pour raisonnable qu'elle paraisse, ne met pas assez l'accent sur la cause essentielle de la situation.

En gros, nous avons vraiment l'armement que nos chefs militaires ont voulu. Ces mille avions qui, il y a un an à peine, formaient le seul matériel utilisable de notre armée de l'air, c'est, réalisé, le programme qui, il y a quatre ans, devait nous donner la première aviation du monde. Ce canon de 75, modèle 1897, ce fusil que l'on traîne, avec quelques modifications, depuis plus longtemps encore, faisaient l'objet, jusqu'à ces tous derniers temps, de l'admiration générale de notre armée. N'avons-nous pas tout aussi bien le matériel naval que les grands chefs de notre Marine ont voulu? Nous entendons bien, maintenant, le concert de lamentations qui s'élèvent à la constatation subite de notre impuissance à transformer, dans les délais souhaités, en matériels modernes, les dizaines de milliards que l'on déverse sur notre industrie de guerre, industrie d'Etat comme industrie privée. Mais cette insuffisance en « potentiel de guerre » n'est-

elle pas le résultat immédiat de la répartition des crédits entre le matériel, d'une part, et, de l'autre, l'outillage nécessaire à le créer? Y a-t-il donc si longtemps que, dans la Marine, la principale préoccupation était la suppression des arsenaux et la liquidation des chantiers privés? De quand datent donc les dernières tentatives pour faire disparaître le plus grand nombre des établissements de notre industrie aéronautique, en même temps qu'on imposait à ce qui en subsistait des contrats qui pénalisaient tout achat d'outillage en liant directement le bénéfice toléré au total de la main-d'œuvre dépensée?

Puisque, aussi bien, la Marine a la chance de n'être plus aujourd'hui en cause, et que les critiques se limitent aux Départements de la Guerre et de l'Air, on nous permettra de citer, sur ce sujet, l'appréciation du seul ingénieur du Génie maritime dont le nom s'inscrit aujourd'hui à la poupe d'un de nos navires, Emile Bertin.

C'était à l'époque où la Marine, seule, se débattait dans une telle crise que, renonçant à s'adresser aux hommes politiques comme aux marins pour la commander, on faisait appel à un éminent ingénieur des Ponts et Chaussées, membre de l'Institut, pour dresser ce qu'il appela « le bilan de la Marine ». Emile Bertin venait de partir en retraite, après avoir eu l'ultime consolation, entre soixante et soixante-cinq ans, de faire adopter, en France, par des moyens que les règlements ne prévoient pas, le type de navire à caisson blindé cellulaire de grande hauteur auquel il a attaché son nom. Il le présentait en vain depuis trente ans à tous les organismes français qui avaient voix au chapitre. Il était parvenu, depuis une vingtaine d'années, à le faire adopter au Japon, qui s'était adressé à lui pour construire sa première flotte de guerre. Il l'avait vu adopter dix ans plus tard par la marine anglaise. Et il résumait, en ces quelques mots, l'histoire de ses déboires et celle des novateurs qui l'avaient précédé : « Jamais, en France, un perfectionnement de quelque importance du matériel naval n'a été obtenu par le jeu régulier de notre organisation maritime, mais toujours par une action puissante s'exerçant en dehors d'elle. »

La formule s'applique intégralement au matériel militaire et au matériel aérien. C'est au peuple français à étudier de tels problèmes, à imposer ensuite à l'« institution militaire » les solutions nouvelles dont l'urgence n'est plus contestée. On ne peut que souhaiter la plus large diffusion au livre de M. Paul Bénazet, où ceux que la question intéresse trouveront de cette nécessité une démonstration qu'il a simplement été possible d'effleurer en ces quelques lignes.

CAMILLE ROUGERON.

# LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

## Les antennes antiparasites

**L**E niveau des parasites industriels, qui troublent désagréablement l'audition des émissions puissantes et rendent souvent impossible l'écoute des émissions faibles, augmente sans cesse dans les agglomérations, en dépit des réglementations

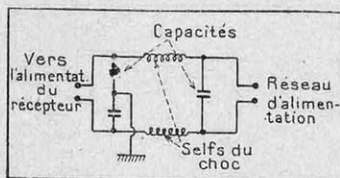


FIG. 1. — FILTRE ANTIPARASITE SUR LE SECTEUR

prescrivant aux propriétaires d'appareils perturbateurs de les munir de dispositifs de protection. Ces appareils perturbateurs sont les plus divers : interrupteurs, mauvais contacts, sonnettes électriques, collecteurs des petits moteurs d'aspirateurs en mauvais état, moteurs d'ascenseurs, tubes au néon, enseignes clignotantes, etc. L'impossibilité, hélas ! évidente, d'obtenir que tous ces appareils soient munis d'un filtre antiparasite vraiment efficace, conduit, de plus en plus, à tenter de rendre le récepteur et son collecteur d'ondes peu sensibles à de telles perturbations. L'examen attentif du processus de propagation des parasites industriels, portant sur un très grand nombre de cas, a permis d'en mettre en évidence les trois modes principaux et leur importance relative : 5 % de ces perturbations sont directement rayonnées par leur générateur, se propagent dans l'espace et atteignent l'an-

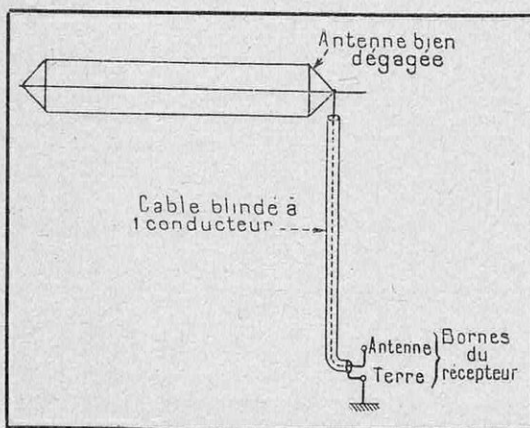


FIG. 2. — ANTENNE ANTIPARASITE SIMPLE  
Cette antenne est reliée au récepteur par un câble blindé dont l'armature est connectée au sol.

tenne à la manière des ondes normales ; entre 20 et 25 % se propagent sur les fils du réseau électrique et pénètrent dans le récepteur par ses fils même d'alimentation ; et, enfin, entre 70 et 75 %, transmises d'abord par les fils des réseaux électriques et téléphoniques, etc., sur lesquels elles se propagent, sont rayonnées au voisinage immédiat du récepteur, chaque fois en particulier que, sur leur passage, il se trouvera une discontinuité électrique ou une variation de résistance ; cette catégorie de parasites frappera ainsi l'antenne de la même manière que ceux rayonnés directement. Les parasites pouvant se propager successivement sur les fils du secteur électrique, les fils du

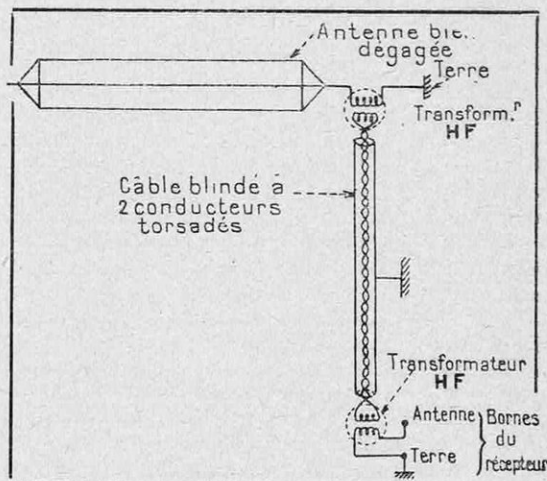


FIG. 3. — ANTENNE ANTIPARASITE (P. O. ET G. O.)

Cette antenne est reliée au récepteur par un câble blindé à deux conducteurs torsadés. L'efficacité de ce procédé est plus grande que celle de la figure 2.

tenne à la manière des ondes normales ; entre 20 et 25 % se propagent sur les fils du réseau électrique et pénètrent dans le récepteur par ses fils même d'alimentation ; et, enfin, entre 70 et 75 %, transmises d'abord par les fils des réseaux électriques et téléphoniques, etc., sur lesquels elles se propagent, sont rayonnées au voisinage immédiat du récepteur, chaque fois en particulier que, sur leur passage, il se trouvera une discontinuité électrique ou une variation de résistance ; cette catégorie de parasites frappera ainsi l'antenne de la même manière que ceux rayonnés directement. Les parasites pouvant se propager successivement sur les fils du secteur électrique, les fils du

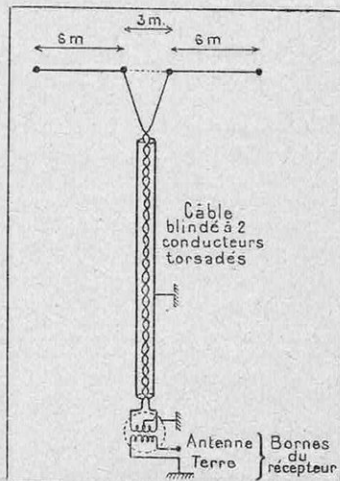


FIG. 4. — ANTENNE ANTIPARASITE « TOUTES ONDES » TRÈS SIMPLE



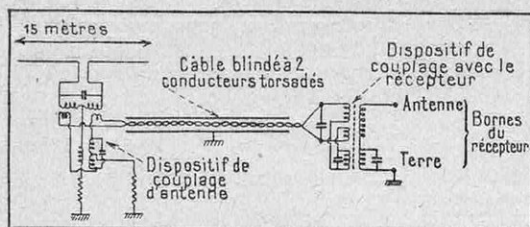


FIG. 5. — ANTENNE ANTIPARASITE HORIZONTALE TRÈS PERFECTIONNÉE AVEC DISPOSITIF DE COUPLAGE « TOUTES ONDES »

téléphone, les canalisations d'eau enveloppent chaque agglomération d'un « brouillard » perturbateur. Ce brouillard s'estompe à mesure que l'on s'élève au-dessus des toits et des lignes de transmissions électriques. On admet, en général, qu'au delà de 5 m au-dessus des toits, les parasites industriels ne sont plus gênants.

Les parasites pénétrant dans le récepteur par le cordon d'alimentation sont éliminés assez facilement, d'une part par la présence d'un écran électrostatique entre le primaire et le secondaire du transformateur d'alimentation (s'il s'agit de courant alternatif), ou, plus généralement, par un filtre antiparasite placé à l'entrée de l'alimentation. L'élimination des parasites rayonnés est chose plus délicate ; il faut recourir aux antennes « antiparasites ». Leur efficacité dépend beaucoup des conditions dans lesquelles elles sont établies. Leur principe est le suivant : placer le collecteur d'ondes en dehors du « brouillard » de parasites et le relier au récepteur par un système de transmission insensible aux perturbations. Un

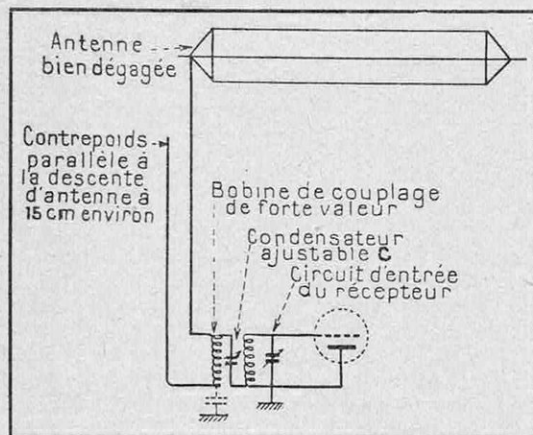


FIG. 6. — PRINCIPE DE LA NOUVELLE ANTENNE ANTIPARASITE « R. C. A. »

Les parasites recueillis par le « contrepoids » agissent en opposition avec ceux recueillis par la descente d'antenne proprement dite et annulent leurs effets. Un condensateur ajustable C permet de compenser une fois pour toutes la capacité parasite de la bobine de couplage par rapport à la masse.

tel ensemble doit répondre à certaines conditions particulières : il doit permettre la réception des émissions sur toutes les gammes d'ondes de radiodiffusion, y compris les ondes courtes, soit de 15 à 2 000 m ; la sensibilité du récepteur ne doit pas être amoindrie.

Nous pouvons classer les systèmes d'antennes antiparasites en trois catégories assez distinctes :

1° *Descente d'antenne blindée électrostatiquement.* — Cette descente est faite par le conducteur intérieur d'un câble coaxial, à faible capacité. Le conducteur extérieur forme simplement écran électrostatique autour du conducteur de descente d'antenne, qu'il protège ainsi contre les parasites rencontrés en chemin ;

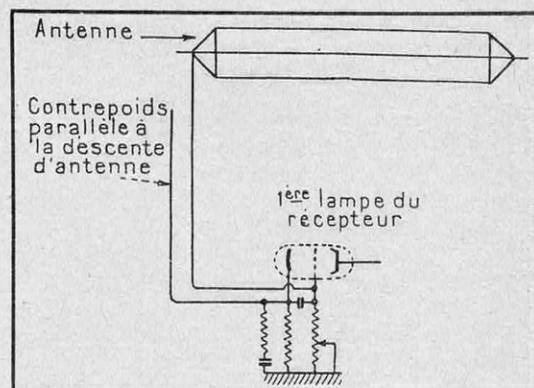


FIG. 7. — LAMPE ANTIPARASITE DE « MONGE »

Antenne et contrepoids agissent individuellement sur la grille et la cathode d'une même lampe.

2° *Liaison entre antenne et récepteur par une ligne de transmission à deux conducteurs.* Cette ligne est reliée à l'aérien, d'une part, et au récepteur, d'autre part, par l'intermédiaire de transformateurs haute fréquence. L'adaptation correcte des divers éléments évite la formation d'ondes stationnaires et permet d'effectuer le transport de l'énergie haute fréquence sous très faible tension. Les pertes sont ainsi très réduites ; la longueur de la ligne est sans importance sur le rendement de l'installation. Cette ligne se présente en pratique sous trois aspects différents :

a) Deux conducteurs torsadés sans blindage ;

b) Deux conducteurs torsadés avec blindage électrostatique ;

c) Deux conducteurs placés parallèlement et maintenus à distance égale au moyen d'isolateurs ;

3° *Compensation ajustable des perturbations recueillies par l'aérien.* — Ce procédé, le plus récent, et qui semble appelé à un essor plus important encore que les précédents, consiste à placer parallèlement à la descente d'antenne un deuxième conducteur qui, recueille

lant les mêmes perturbations que cette dernière, pourra, à l'aide d'un circuit différentiel, réglable suivant chaque antenne particulière, assurer une élimination beaucoup plus efficace des parasites que les systèmes précédents. Cette compensation peut revêtir différentes modalités : dans la nouvelle antenne R. C. A., elle s'effectue à l'entrée du récepteur dans le circuit de couplage avec le premier circuit accordé ; un écran électrostatique est placé entre celui-ci et la bobine de couplage. Dans le système « Monge », au contraire, ces deux conducteurs sont connectés à des circuits apériodiques aboutissant respectivement à la cathode et à la grille d'une même lampe. Par un choix judicieux des différents éléments de couplage, les perturbations agissent sur la grille et la cathode ; il n'en résulte aucune variation du courant de plaque. L'effet désiré est donc obtenu.

Lorsque les émissions à capter ont une longueur d'onde inférieure à 150 m, il est recommandé d'utiliser un « doublet » horizontal dont la longueur totale est inférieure à la demi-longueur d'onde minimum désirée.

Les qualités antiparasites d'un tel aérien sont dues à ces propriétés directives : il est très sensible aux ondes polarisées horizontalement (c'est le cas des ondes courtes se propageant au voisinage du sol) et insensible aux ondes polarisées verticalement (c'est le cas des parasites industriels).

L'efficacité des antennes antiparasites n'est pas absolue ; elle dépend, d'une part, de la qualité du matériel utilisé (les câbles blindés ne sont pas entièrement imperméables aux perturbations), et, d'autre part, il faudrait placer l'antenne absolument en dehors du « champ perturbateur ». C'est souvent là qu'est la difficulté, car on ne sait jamais exactement où commence le « brouillard » de parasites.

### Les cadres antiparasites

La méthode la plus répandue pour éliminer les parasites consiste à faire usage, comme nous venons de le voir, d'une antenne antiparasite bien dégagée. Les antennes antiparasites sont souvent compliquées, d'installation peu aisée et coûteuse ; souvent même, pour des raisons d'esthétique, les propriétaires d'immeubles refusent à leurs locataires l'autorisation d'installer des antennes extérieures individuelles ; les antennes antiparasites « collectives », desservant tous les récepteurs d'un même immeuble, sont encore très rares ; aussi l'usager de la radio doit souvent rechercher ailleurs que dans l'usage d'antenne antiparasite l'amélioration du rapport « signal-parasite » des auditions troublées. C'est pour cette raison que nous verrons sans doute réapparaître sur le marché les « cadres » comme collecteurs d'onde. Ces cadres diffé-

reront de ceux que nous utilisons il y a quelques années encore, car des blindages électrostatiques leur assureront une efficacité antiparasite plus élevée et ils seront établis de façon à conserver le réglage unique des récepteurs. Nous allons examiner sommairement les propriétés de ces cadres antiparasites.

L'énergie recueillie par un cadre quelconque, sans blindage, tel qu'on les utilisait autrefois, peut être divisée en deux fractions bien distinctes suivant qu'elle est due à l'action des composantes magnétiques ou électriques du champ hertzien :

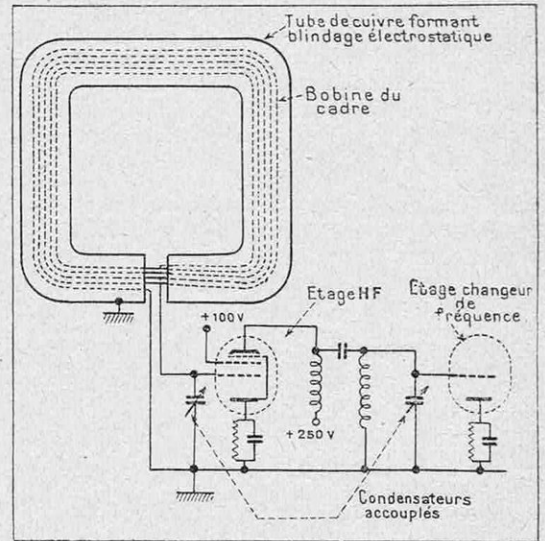


FIG. 8. — PRINCIPE D'UTILISATION D'UN CADRE ANTIPARASITE DANS UN RÉCEPTEUR A RÉGLAGE UNIQUE

*Le blindage du cadre, ne constituant pas une spire fermée parallèle, n'annule pas l'effet de la composante magnétique du champ hertzien. Seul, l'effet de la composante électrique, qui domine dans le cas des parasites, est annulé. On sait que les cadres radiogoniométriques sont ainsi blindés.*

1° *L'effet de cadre proprement dit.* — La composante « magnétique » induit dans ce cadre une force électromotrice proportionnelle au nombre de spires et à leur surface, lorsqu'il est orienté dans la direction de l'émetteur ;

2° *L'effet d'antenne.* — Par suite de sa dissymétrie par rapport au sol, un tel collecteur d'onde se comporte comme une petite antenne verticale sur laquelle la composante électrique du champ, induit, elle aussi, une nouvelle force électromotrice qui s'ajoute à la précédente.

Or, il est un fait reconnu : c'est qu'à une faible distance d'un émetteur quelconque, un générateur de parasites par exemple, la composante magnétique du champ rayonné est beaucoup plus faible que la composante électrique ; on exprime plus couramment



cette propriété en disant que les parasites sont de nature électrostatique. (Au delà de plusieurs longueurs d'ondes de distance ces deux composantes sont égales.) Donc on peut en déduire que si, par un artifice quelconque, on supprime totalement l'« effet d'antenne » de notre cadre, on aura quelque peu amoindri la sensibilité aux ondes de radiodiffusion, mais on aura du même coup affaibli beaucoup plus le niveau des parasites captés, puisque l'on aura supprimé l'action du champ électrique auquel ils ont donné naissance. Le rapport signal-parasite sera augmenté. A cette insensibilité au champ électrique se superposera en plus la propriété directive du cadre. Dans la majorité des cas, la direction du générateur de parasites ne coïncidera pas avec la direction de l'émetteur reçu, et l'effet antiparasite sera encore augmenté. La méthode la plus simple pour annuler l'effet d'antenne d'un cadre consiste à l'entourer d'un blindage électrostatique de forme appropriée (1) : ce

(1) En radio, on appelle blindage tout écran destiné à soustraire un appareil quelconque à l'effet des champs électromagnétiques dans lesquels il se trouve placé ; ce champ peut être d'origines très diverses ; il peut être dû aux ondes d'une station émettrice ou bien à la proximité d'un bobinage parcouru par

blindage ne doit pas constituer de spire fermée parallèle au plan des spires du cadre sous peine d'annuler aussi l'effet de la composante magnétique du champ. On peut réaliser facilement un tel blindage en enfermant les spires dans un tube métallique. Les cadres blindés des récepteurs de radiogoniométrie sont établis suivant ce principe.

La force électromotrice induite dans un cadre blindé est relativement faible et, si on veut conserver au récepteur une sensibilité suffisante, un tel collecteur d'onde doit être relié directement à la grille de la première lampe du récepteur et accordé sur l'émission à recevoir ; un cadre, de bonne qualité, et accordé, fait apparaître à ses extrémités une force électromotrice 200 fois plus élevée qu'un cadre apériodique. Dans de telles conditions, notre cadre blindé confèrera au récepteur une sensibilité au moins égale à celle d'une très bonne antenne intérieure, mais avec un niveau de parasites beaucoup plus faible.

A. LAUGNAC.

un courant haute fréquence. Un blindage peut être soit électrostatique et annuler l'effet des champs électriques, soit magnétique et annuler l'effet des champs magnétiques. Sauf quelques applications très particulières, comme dans les cadres antiparasites, ces deux fonctions coexistent.

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

#### Un contrôleur de précision en mécanique : le pick-up

CERTAINES industries mécaniques produisent des pièces dont la surface doit présenter une régularité et un polissage parfaits. C'est le cas, par exemple, des roulements à billes pour lesquels des aspérités de 25 millièmes de mm sont suffisantes pour les faire mettre au rebut. Il en est de même, d'ailleurs, de certaines pièces d'automobile ou d'avion. Un contrôle aussi sévère que précis et rapide s'impose donc. Voici un nouvel appareil ingénieux qui vient d'être mis au point dans ce but. Il est du type dit « à palpeur », c'est-à-dire qu'il possède un organe capable de suivre exactement les sinuosités de la surface qu'il explore, de les rendre visibles et même de les mesurer. Remarquons immédiatement que, pour suivre les irrégularités d'une surface, il faut que le style palpeur soit assez pointu pour pénétrer dans les creux sans cependant produire aucune trace appréciable.

Imaginons une pointe de diamant maintenue contre la surface à contrôler par de petits ressorts n'autorisant que des mouvements de la pointe perpendiculaire à cette surface. Sur cette pointe est montée une petite bobine très légère située dans le champ d'un électroaimant. Il est évident que toute sinuosité de la surface

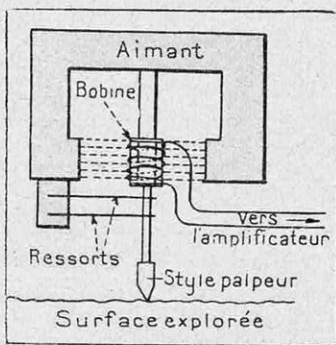


FIG. 1. — SCHÉMA DU PICK-UP UTILISÉ POUR EXPLORER LES INÉGALITÉS D'UNE SURFACE

Le style est formé par une pointe de diamant et les courants engendrés dans la bobine sont dirigés vers un amplificateur.

se traduira par un mouvement de la bobine dans ce champ magnétique et, par suite, par une force électromotrice induite proportionnelle à la vitesse de déplacement de la bobine, c'est-à-dire à la pente des faces de l'irrégularité, si l'on maintient constante la vitesse du palpeur par rapport à la surface. Rien de plus simple maintenant que d'amplifier ces forces électromotrices variables dans un appareil à lampes triodes et de les faire agir sur un oscillographe cathodique. Les déplacements verticaux du spot fluorescent de ce dernier seront proportionnels aux déplacements verticaux du style. De plus, ils seront rendus visibles grâce à l'amplification d'ailleurs réglable. Ce n'est cependant pas suffisant, car le spot, ne décelant ainsi que les déplacements verticaux, par-

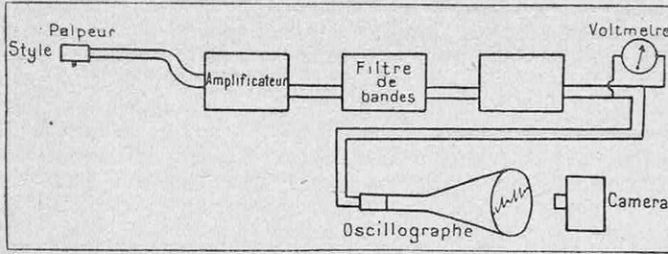


FIG. 2. — DISPOSITIF SCHÉMATIQUE DE L'AMPLIFICATEUR DES COURANTS ISSUS DU PICK-UP

Les courants amplifiés sont reçus dans un oscillographe cathodique qui permet, dans certaines conditions, de reproduire sur le fond du tube une courbe analogue à celle parcourue par la pointe de diamant du pick-up. Grâce aux filtres de bandes, on peut d'ailleurs séparer les irrégularités locales, qui donnent lieu à des courants de haute fréquence, des irrégularités d'usinage (arbre non centré, par exemple), qui produisent dans le pick-up des courants à basse fréquence.

court une seule ligne verticale sur le fond du tube de l'oscillographe. Pour enregistrer le profil sur une plaque photographique, il faut encore tenir compte des déplacements horizontaux du palpeur en vue d'étaler la courbe jusqu'ici réduite à une seule ligne. Problème aisé à résoudre, puisqu'il suffit de photographier le spot sur un film se déplaçant à une vitesse proportionnelle à celle du palpeur. On peut donc régler l'amplification horizontale comme l'amplification verticale. D'ailleurs, si l'on se contente de « visualiser » le profil, on peut faire agir sur le spot cathodique un des dispositifs de balayage utilisés notamment en télévision.

Le problème du contrôle du polissage d'une surface n'est cependant pas le seul à résoudre. Qu'il s'agisse d'un plan, d'un cylindre, d'un cône, d'une sphère, etc., il est évident que l'on n'obtient jamais une surface géométrique idéale. Par exemple, le cylindre sera mal centré, le plan présentera des ondulations. Si donc on explore une telle surface au moyen de la sorte de pick-up dont nous venons de parler, le palpeur sera soumis à deux sortes de mouvements. Les uns, de fréquence rapide, correspondent aux aspérités et au creux — c'est-à-dire à la rugosité — de la surface ; les autres, de fréquence beaucoup plus lente, seront dus à l'inexactitude du profil. Or, il est certain que ces derniers ont au moins autant d'importance que les premiers. Il faut donc séparer les deux genres d'indications données par le pick-up. On y arrive aisément au moyen de filtres de bandes tels que ceux utilisés en téléphonie et en radio. La différence des fréquences des deux catégories de mouvements est largement suffisante pour autoriser cette séparation. Enfin, signalons que l'étalonnage de l'appareil — pour permettre des mesures exactes — se fait en soumettant le style palpeur à des déplacements verticaux déterminés au moyen d'une came entraînée électriquement. On les mesure au microscope et on règle l'amplification en vue d'obtenir la sensibilité voulue. On est parvenu ainsi à des amplifications verticales de 50 000 ; dans le sens horizontal, 100 est un chiffre suffisant.

Tel est l'appareil de laboratoire, de grande précision. Dans la pratique, on a reconnu qu'un voltmètre inséré à la sortie du circuit spécial de filtrage donne des indications caractérisant l'état de la surface. Cette remarque a permis d'établir un profilomètre portatif d'atelier dont l'emploi n'est pas difficile.

## Pour voir distinctement dans l'eau

L'interdit de l'eau avec les yeux interdit toute vision distincte, comme il est aisé de le prévoir. En effet, l'œil est, on le sait, constitué par un globe presque sphérique dont la partie antérieure est formée par la cornée transparente derrière laquelle se trouve la pupille, puis le cristallin. Au fond de l'œil se trouve la rétine, épanouissement du nerf optique sur laquelle doivent se former les images des objets sous peine d'une vision non distincte. Or, l'ensemble de l'œil, cornée, humeur aqueuse contenue entre la cornée et le cristallin, humeur vitrée située entre le cristallin et la rétine, constitue un système optique complexe

dont les indices de réfraction différent entre eux et sont tels que, pour l'œil normal, le foyer de ce système soit situé sur la rétine lorsque sa face avant (cornée) est baignée par l'air. Cependant, d'une part, la convergence de l'œil est due presque entièrement à la cornée et, d'autre part, l'indice de réfraction de l'humeur aqueuse (1,336) est très voisine de celle de l'eau (1,333 pour l'eau pure et 1,3395 pour l'eau de mer). Par conséquent, si la cornée est baignée par l'eau, la réfraction par la cornée est presque entièrement supprimée. Les caractéristiques du système optique sont donc modifiées pour la vision dans l'eau et l'image ne se forme plus sur la rétine : elle est floue. Seuls, de violents contrastes peuvent être observés. La vision ne redeviendra distincte que si l'on supprime le contact de l'eau au moyen de lunettes étanches ou si l'on emploie des lunettes correctrices.

Les lunettes étanches sont simplement formées d'une lame de verre à faces parallèles fixée sur une monture épousant exactement le visage du plongeur. Il est, en effet, beaucoup plus délicat d'utiliser deux glaces (une pour chaque œil), car il est indispensable que ces deux glaces soient rigoureusement parallèles sous peine de dévier les axes optiques des deux yeux. De même, si la lame était courbe, comme ses deux surfaces sont baignées par deux milieux d'indices de réfraction différents (eau et air), cela constituerait un dioptré sphérique modifiant la convergence de l'œil. Quoi qu'il en soit, le problème est assez facile à résoudre et la vision peut être aussi nette que dans l'air. Signalons toutefois que les objets paraissent grossis et aplatis, et que le relief est exagéré. En outre, le champ de vision est restreint par suite de la réflexion totale subie par les rayons

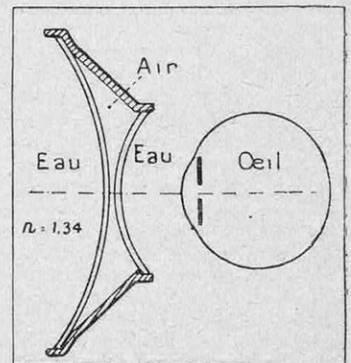


FIG. 3. — LENTILLE D'AIR BICONCAVE PLACÉE DANS L'EAU, DEVANT L'ŒIL



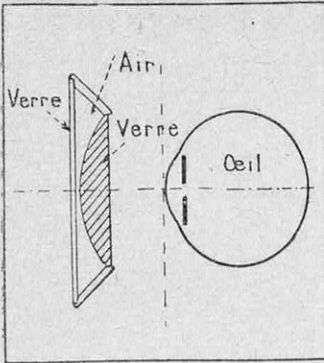


FIG. 4. — LUNETTE CORRECTRICE POUR LA VISION DANS L'EAU, CONSTITUÉE PAR UNE LENTILLE D'AIR PLANCONCAVE

nous empruntons cette documentation, estime préférable la solution des *lunettes correctrices*, l'œil du plongeur restant au contact avec l'eau (1). La convergence de l'œil étant, nous l'avons dit, fortement réduite dans l'eau qui a un indice de réfraction voisin de celui de l'humeur aqueuse, il faut donc prévoir une lentille rétablissant cette convergence. Or, une lentille biconvexe n'est convergente que si l'indice de réfraction de la matière qui la constitue est supérieur à celui du milieu ambiant. Ainsi une telle lentille en *flint* (indice 1,70) n'a pas par rapport à l'eau de mer (indice 1,34) un effet plus convergent que, dans l'air, une lentille de même forme dont l'indice serait de  $1 + (1,70 - 1,34) = 1,36$  à peine supérieur à celui de l'eau de mer. Une remarque permet de tourner la difficulté. En effet, si l'on prend une lentille *biconcave*, *divergente* lorsque sa substance a un indice de réfraction *supérieur* à celui du milieu ambiant, elle devient *convergente* si, au contraire, son indice de réfraction est inférieur à celui du milieu dans lequel elle est plongée. Ainsi, une lentille biconcave d'air plongée dans l'eau est convergente et son indice est égal à 1,34 (au signe près) par rapport à l'eau. C'est ainsi que M. Mendousse a pu réaliser des lunettes correctrices autorisant la vision distincte dans l'eau et corrigeant même les défauts de l'œil (dus, en général, à la cornée), de sorte qu'un œil très mauvais dans l'air peut donner une vision normale dans l'eau. Enfin, ces lunettes correctrices ne sont pas plus encombrantes et à peine plus coûteuses que les lunettes ordinaires.

### Le radiocompteur et l'achat d'un radiorécepteur

PLUS de 4 millions de radiorécepteurs sont actuellement déclarés en France aux P. T. T. Cependant ce chiffre ne représente que 11 % environ de la population, alors qu'en Angleterre la proportion atteint 38 postes pour 100 habitants. Il est donc évident

(1) Remarquons cependant que l'eau douce produit sur l'œil une sensation désagréable et peut être nuisible alors que l'on ne sent rien avec de l'eau de mer. Cependant la tonicité physiologique ne correspond qu'à 9 g de sel marin par litre, alors que l'eau de mer en contient 29 g.

émànés de l'objet et situés au delà d'un cône de 48° d'ouverture. Enfin, l'étanchéité nécessaire exige que chaque plongeur dispose de lunettes bien ajustées. Ces appareils ne sont donc pas interchangeables, inconvénient assez grave lorsque, par exemple, il s'agit de porter secours à un noyé.

M. J. Mendousse, à qui

que le marché français est loin d'être saturé. Plusieurs causes toutefois font que le nombre de postes croît lentement. Tout d'abord, recul devant une dépense brusque; ensuite crainte de tomber sur un poste de qualité médiocre, parfois refus de crédit par un industriel qui sait bien qu'en radio le nombre des effets impayés s'élève jusqu'à 35 %.

Il faut donc rénover les méthodes de crédit et déjà la location mensuelle (location-vente) a tenté d'apporter une solution au problème. Il arrive cependant que l'usager y renonce au bout de quelques mois, estimant que sa défense n'est pas en rapport avec les joies que lui procure son poste. Proportionner la dépense et, par suite, la part versée sur le prix du poste au nombre d'heures d'écoute paraît donc constituer le moyen le plus efficace de diffusion de la radio, à la condition toutefois que la mise en pratique de ce moyen ne puisse donner lieu à aucune critique.

Le radiocompteur « J. V. » répond parfaitement à la question.

L'ensemble du mécanisme de ce compteur, qui possède une réserve de onze auditions, est des plus simple. Chaque enclenchement (produit par l'introduction d'une pièce) fait tourner de 1/12 de tour une roue à rochets, taillée à 12 rochets. Dans ce mouvement, la pointe d'un rochet vient faire pression sur une lame, solidaire mais isolée d'un jack qui ferme un circuit alimentant le moteur du compteur et le poste de T. S. F. Cette roue à rochets tourne librement sur un axe qui, lui, est entraîné par le moteur et des démultiplications à la vitesse de 1/12 de tour par 40 mn.

Sur le côté de la roue à rochets, une butée est fixée, et une autre butée est solidaire de l'axe-moteur. Chaque fois que l'on introduit dans le compteur une pièce, la roue à rochets tournant de 1/12 de tour, ces deux butées s'écartent donc d'autant de fois 1/12 de tour. Et l'axe-moteur tournant à la vitesse de 1/12 de tour en 40 mn, la butée de cet axe mettra donc autant de fois 40 mn à rattraper la butée de la roue à rochets. C'est dans ce dispositif que réside la « réserve » d'auditions.

La rupture s'effectue lorsque la butée de l'axe-moteur entraîne la roue à rochets, au moment où la pointe du rochet qui maintenait le contact fermé laisse échapper la lame du jack-

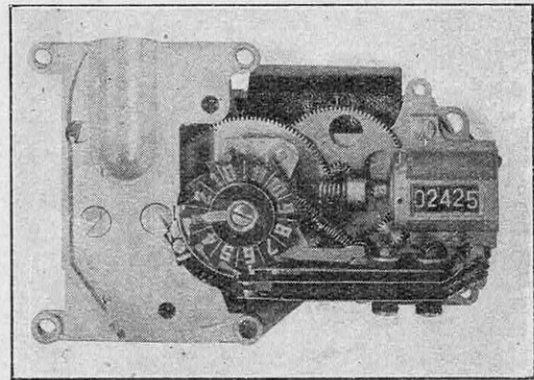


FIG. 5. — VUE INTÉRIEURE DU RADIOCOMPTEUR « J. V. »

A gauche, l'introduction des pièces; au centre, cadran indiquant la réserve d'auditions; à droite, le totalisateur.

contact, coupant ainsi l'alimentation du poste et du moteur par une rupture brusque.

Une aiguille fixée sur l'axe-moteur et un cadran (constitué par la roue à rochets elle-même) indique constamment au client la réserve d'auditions dont il peut disposer.

La sécurité de marche est absolue, le moteur tournant *presque constamment à vide*. Ce n'est qu'au moment de la rupture, lorsque la butée-moteur entraîne la roue à rochets, que, pendant un court instant, le moteur a un léger effort à fournir, et cet effort correspond au 1/100 de la puissance disponible.

La glissière a été établie après étude comparative de 100 000 pièces de 1 franc, nécessaire à définir ses dimensions. Elle est calibrée dès son entrée, pour interdire l'introduction de pièces de dimensions supérieures. Les pièces de dimensions inférieures passent évidemment, et sont « encaissées », mais elles n'ont aucune action sur le mécanisme d'enclenchement ni sur le totalisateur. Un voyant, disposé dans le bas de la glissière, permet de contrôler la dernière pièce introduite, qui reste ainsi visible.

Le totalisateur est visible ou invisible pour le client, au gré de l'exploitant. Il est irrévocable et indécrétable, même pour l'encaisseur.

Pour l'exploitation dans les locaux publics, le Radiocompteur « J. V. » apporte un dispositif extrêmement intéressant. L'un des pistons de verrouillage de la glissière maintient ouvert un circuit basse tension. Bien que l'appareil soit, nous le répétons « intriquable », si quelqu'un tente de frauder, immédiatement ledit piston ferme ce circuit qui peut alimenter à volonté soit une sonnerie, soit un signal lumineux.

RADIO-FRANC, 49, av. de Neuilly, Neuilly (Seine).

## Pour le camping

**T**out le monde connaît maintenant cette légère petite voiture à quatre roues, à deux places côte à côte, mue par ses occupants au moyen de pédales comme celles des bicyclettes, mais placées vers l'avant, position logique et efficace. A l'arrière se trouve un vaste coffre permettant d'emmener soit un ou deux petits enfants, soit le matériel de camping (tente, sac de couchage, etc.).

Les établissements Vélocar ont étudié spécialement à cet effet un type « Cyclotourisme » d'encombrement et de poids réduits dont le rendement a été augmenté. Ce modèle est muni d'un dérailleur à quatre vitesses, très simple et d'une grande sûreté de fonctionnement. L'entraînement des roues arrière se fait par l'intermédiaire d'un noyau roue libre formant différentiel, qui donne une douceur de roulement remarquable. Enfin, du point de vue esthétique, une ligne particulièrement élégante a été réussie pour la carrosserie.

Cet ensemble de qualités pratiques et techniques n'a pas laissé indifférents les milieux de campeurs qui peuvent ainsi emmener avec eux des bagages sans avoir recours à des installations compliquées, s'abriter sous la petite capote en cas de pluie, avoir un confort supérieur à celui de la bicyclette ou du tandem pour un effort moindre. Aussi rencontre-t-on assez souvent sur les routes de France des couples de jeunes gens qui, ivres de grand air, d'espace, de liberté, pédalent dans leur *Vélocar* tout en admirant les beautés de notre pays.

V. RUBOR.

VÉLOCAR, 68, rue Roque-de-Fillol, Puteaux (Seine).

## CHEZ LES ÉDITEURS (1)

**Les hormones**, par Rémy Collin. Prix franco : France et Colonies, 26 f 80 ; étranger, 27 f 80.

C'est vers 1851 que Claude Bernard découvrit la fonction glycogénique du foie, autrement dit la fabrication de glycogène par cet organe qui le déverse dans le torrent circulatoire. Aussi pouvait-il écrire : « L'histoire du foie établit maintenant, d'une manière très nette, qu'il y a des sécrétions internes, c'est-à-dire des sécrétions dont le produit, au lieu d'être déversé à l'extérieur est transmis directement dans le sang. » Pour la première fois apparaissait la notion de sécrétion interne, notion qui devait attendre très longtemps sa généralisation. C'est seulement il y a quelque trente ans que commença à s'élaborer la théorie hormonale dont la fécondité apparaît aujourd'hui immense tant au point de vue de la science pure que des applications thérapeutiques.

On sait que les hormones (mot qui vient d'un verbe grec qui veut dire exciter) sont des substances chimiques fabriquées par des tissus glandulaires, déversées dans le sang qui les transporte vers certains organes sur lesquels, à l'exclusion de tous les autres, elles exercent une action déterminée. Les hormones qui agissent à très faible dose, comme des catalyseurs, peuvent être considérées comme des messagers chimiques,

des régulateurs chimiques, ou encore des excitants fonctionnels chimiques. Les succès incontestables de la théorie hormonale ont attiré sur elle l'attention du grand public et aussi du monde médical, pour une grande part mal préparé à la comprendre et à l'utiliser, et un enthousiasme sans limite semble succéder aujourd'hui une certaine méfiance, due au fait que le praticien se rend compte que les premières acquisitions de la nouvelle science, annoncées à grand fracas et exploitées sans scrupule pour des fins commerciales, ne peuvent être séparées des résultats des recherches ultérieures qui démontrent d'infinie complexité du mécanisme de la régulation hormonale. Et ces recherches, qui se poursuivent dans de très nombreux laboratoires dans le monde entier, sont encore loin de nous en donner une idée définitive. Chaque année paraissent plusieurs milliers d'articles, de mémoires et de notes d'endocrinologie, et on conçoit qu'il soit difficile pour le non-spécialiste de s'y reconnaître. Aussi le livre du professeur Rémy Collin vient-il à son heure en faisant en quelque sorte le point pour les plus récentes acquisitions de la science des hormones. Son ouvrage est partagé en deux parties. Dans la première, il expose la théorie hormonale classique et ses résultats. Après un court historique, il expose les méthodes d'investigation des glandes endocrines et ce que nous avons appris sur l'origine des hormones, leurs voies de transmission et les organes sur lesquels elles agissent.

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE, au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.



Il étudie d'une manière détaillée le rôle des hormones dans les métabolismes de l'eau, du sucre, du calcium et les équilibres hormonaux réalisés dans la vie sexuelle.

La deuxième partie, aussi étendue que la première, passe en revue les problèmes actuels, problèmes encore non entièrement résolus tels que celui des antihormones, celui du cancer, celui de la morphogénèse et de la génétique, et enfin les rapports qui apparaissent de plus en plus étroits entre les hormones et le système nerveux. « D'ores et déjà, les glandes endocrines ne nous apparaissent plus comme formant un état dans l'état, mais comme une partie d'un tout physiologiquement unanime, l'organisme total. »

**Votez-vous que vos enfants soient de bons élèves ?** par M. Lavarenne. Prix franco : France, 23 f ; étranger, 26 f.

L'ouvrage qu'a couronné l'Académie française et dans lequel M. Lavarenne résume son expérience de maître de conférences à la Faculté des Lettres de Clermont-Ferrand et de père de famille nombreuse, est un de ceux que pourront méditer les parents d'élèves qui se plaignent de l'insuffisance des résultats scolaires de leurs enfants. « La faute, écrit M. Lavarenne, n'en est pas, d'ordinaire, à l'enfant. Presque toujours, ce sont les parents qui ne savent pas le mettre à même de tirer de son fonds toutes les richesses latentes. Les parents devraient savoir. Mais il est de fait qu'ils ne savent pas : même des gens de bonne volonté ; même des gens cultivés ; même des médecins ; même des membres de l'enseignement. »

L'auteur se propose, en dehors de toute école pédagogique ou philosophique, de mettre à la portée de tous les parents des connaissances pratiques d'ordres variés qui leur permettent d'améliorer le rendement scolaire de leurs enfants et, par la même occasion, leur santé, leur intelligence et leur caractère.

Pour bien réussir en classe, il faut d'abord, comme l'a dit Emerson, être un bon animal. C'est à l'exposé de cette forme moderne du *Mens sana in corpore sano* et des moyens à employer pour atteindre à ce résultat que l'auteur consacre la plus importante partie de son livre.

Naturiste convaincu, M. Lavarenne prêche sa doctrine avec un souci de la mesure qui devrait lui valoir bien des adhésions. Il ne propose pas, pour les endurcir, de faire aller les enfants, hiver comme été, à moitié nus ; il s'insurge même contre la mode qui leur impose en toute saison de découvrir mollets, genoux et cuisses. Il professe, sur le « sport contre l'éducation physique », les saines idées d'Hébert.

La nourriture fait l'objet de chapitres que bien des Français auraient intérêt à lire, aussi bien pour eux-mêmes que pour leurs enfants, et dont la connaissance généralisée aiderait à boucler bien des budgets familiaux. « L'homme a le pouvoir d'augmenter dans des proportions extraordinaires sa capacité de travail intellectuel et musculaire, en réglant son alimentation. Après tant de siècles de civilisation, l'homme ne sait pas encore comment il doit se nourrir, c'est-à-dire accomplir l'acte le plus essentiel de sa vie, celui qui, précisément, lui permet d'assurer et de prolonger son existence, d'avoir des enfants sains et robustes. S'il est pauvre et malheureux, il mâche et avale n'importe quoi

pour calmer sa faim ; s'il est riche, il dévore par plaisir pour la satisfaction de ses sens. »

Ces citations, que M. Lavarenne emprunte à quelques maîtres de la médecine, ne l'inclinent pas à l'indulgence pour l'ensemble des médecins. Ceux-ci ne manqueront pas de lui rétorquer que l'interdiction simultanée de la tomate et de l'oseille (p. 70) confond les effets bienfaisants de l'acide malique et les effets malfaisants de l'acide oxalique, qu'on ne voit guère pourquoi le sucre, « produit chimique mort », devient acceptable sous forme de confitures (p. 73 et 74), que la condamnation de la viande de porc pour la raison que « le simple bon sens indique que le porc, animal impur, fournit une viande noire, forte et toxique, qui crée des êtres épais et lourds, des cerveaux empoisonnés et des humeurs malpropres, » paraît peut-être insuffisamment motivée, même si la formule émane du docteur Carton, grand-prêtre du naturisme. Mais on n'en partage pas moins l'ensemble des thèses de l'auteur.

Dans une deuxième partie, les ennemis des études sont passés en revue : le cinéma, fléau social et fléau scolaire, la littérature policière ou pornographique, les exigences mondaines, la T. S. F., plaisir passif, la musique, l'automobile, la nervosité des parents.

Dans une troisième partie, l'auteur termine par une série de conseils sur le rôle scolaire des parents. Comment « apprendre aux enfants à apprendre », leur enseigner la nécessité de l'ordre, leur faire respecter un emploi du temps, surveiller leurs devoirs et leurs leçons, créer l'ambiance par l'exemple du travail, etc., c'est ce que M. Lavarenne enseigne en quelques chapitres où abondent les meilleurs conseils.

« Les parents sont les dernières personnes à qui l'éducation de leurs propres enfants doit être confiée. » Telle était, nous dit Swift, l'opinion des Lilliputiens chez qui séjourna Gulliver et que nous voyons régler de plus en plus les problèmes d'éducation dans les pays totalitaires. Souhaitons que la lecture du livre de M. Lavarenne permette aux parents de se montrer dignes de la liberté qu'on leur consent encore dans les autres pays.

C. R.

**La science mystérieuse des Pharaons,** par l'abbé Th. Moreux. Prix franco : France et colonies, 25 f ; étranger, 28 f 50.

Le savant directeur de l'Observatoire de Bourges nous donne aujourd'hui une nouvelle édition de son ouvrage sur les connaissances scientifiques des peuples de l'antiquité. Il surprendra les profanes en leur montrant que beaucoup de nos découvertes, acquises grâce à une somme énorme de travaux répartis sur une longue série de siècles, grâce à des méthodes d'observation sans cesse améliorées et à une technique de plus en plus perfectionnée, étaient des vérités déjà établies il y a quelque 6 000 ans. On sait que l'astronomie est la plus lointaine de toutes les sciences ; frappés par l'aspect du ciel étoilé, par le mouvement des astres, par les phénomènes relatifs au Soleil et à la Lune, tous les peuples l'ont cultivée. Mais on voit, à la lecture de l'ouvrage de l'abbé Moreux, que, chez les Egyptiens, 3 000 ans avant notre ère, elle était déjà portée à un très haut degré de perfection. C'est ce qui résulte d'un examen attentif de l'orientation et des dimensions de la grande pyramide de Khéops : le méridien qui passe par son sommet, non seulement partage le delta du Nil en deux parties rigoureusement

égales, mais c'est celui qui, de tous les méridiens terrestres, traverse le plus de terres et le moins de mers; il divise aussi les terres émergées à l'Est et à l'Ouest en deux parties de même superficie; le parallèle de la grande pyramide est celui qui, également, renferme le plus d'étendue continentale; la « coudée sacrée », qui a servi à la construction de ce monument, représente la dix-millionième partie de la distance du centre de la Terre à un de ses pôles; le volume de la pyramide multiplié par la densité moyenne des pierres qui la composent, donne les trois premiers chiffres de la densité moyenne de la Terre; en multipliant sa hauteur par un milliard, on retrouve une mesure remarquablement approchée de la distance du Soleil à la Terre, soit 148 208 000 km au lieu des 149 400 000 km admis aujourd'hui. Bien d'autres coïncidences demeurent absolument inexplicables d'après nos données sur la civilisation antique. Les astronomes de l'antiquité savaient incontestablement mesurer les diamètres apparents de la Lune et du Soleil, prédire les éclipses et autres phénomènes célestes; peut-être même avaient-ils reconnu l'existence des anneaux de Saturne; tout laisse supposer, par suite, que les prêtres égyptiens ou les astronomes chaldéens possédaient des instruments adaptés à ce genre de travaux et il n'est pas invraisemblable de penser que l'optique y jouait un certain rôle. L'abbé Moreux étudie également les traditions philosophiques et historiques, et met en évidence leur accord remarquable avec les données actuelles de la science. Il ne manque pas d'insister sur les incertitudes des théories cosmogoniques modernes qui sont, à proprement parler, invérifiables et qui font surtout honneur à l'imagination de leurs auteurs. Ce n'est pas parce que l'on fait des calculs que l'on fait de la science, et les véritables savants avouent sans honte leur impuissance devant certains problèmes auxquels l'expérience ne peut apporter de solution.

**La peinture en bâtiment**, par *Paul Fleury*. Prix franco : France et colonies, 19 f; étranger, 22 f 50.

Ce petit livre, écrit par un technicien qui connaît bien son sujet, doit être fort utile à l'amateur, au débutant et aussi au professionnel. Il débute par des notions théoriques indispensables sur les méthodes, les produits et l'outillage employé en peinture. Mais il est avant tout pratique et donne, sous une forme condensée, tout ce qu'il est essentiel de connaître sur la composition des diverses couleurs, des véhicules de la peinture, huiles, essence de térébenthine, vernis divers, siccatifs, colles, chaux et cires, sur les principes généraux qui doivent guider dans le choix des peintures destinées à l'intérieur ou à l'extérieur. Il examine ensuite l'exécution pratique des travaux en passant en revue les opérations successives des travaux à l'huile, à la colle, à la chaux et au silicate, à la cire et à l'encaustique, des travaux de tenture, de dorure, de vitrerie et indique enfin un certain nombre de recettes et de tours de mains qui seront des plus utiles à tous les bricoleurs qui ignorent les subtilités de l'art du peintre en bâtiment.

**Traité pratique des vices des bois** (champignons, insectes, vers, termites, etc.), par *Geo Minvielle*. Prix franco : France et colonies, 17 f; étranger, 19 f 50.

Etude technique et juridique des principaux vices susceptibles d'affecter les bois et qui intéressera les propriétaires d'immeubles.

**Traité de blanchisserie mécanique, désinfection et nettoyage à sec**, par *Maurice Caen*. Prix franco : France et colonies, 92 f; étranger, 96 f 50.

**Rapport sur le contrôle des changes**, présenté à la Société des Nations par des membres des comités économique et financier.

## 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... 75 f. (français)	Envois recommandés....	{ 1 an... 96 f. (français)
	{ 6 mois. 40 f. —		{ 6 mois 50 f. —

### ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie, Suède.*

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<sup>e</sup>  
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS





# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL DE NAVIGATION ÉCOLE

placés sous  
le haut patronage  
de plusieurs Ministères

152, avenue de Wagram, PARIS-17<sup>e</sup>  
Tél. : Wagram 27-97

## COURS PAR CORRESPONDANCE

### MÉCANIQUE

**Apprenti :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

**Contremaitre :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Constructions mécaniques - Technologie - Croquis coté et dessin.

**Technicien :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Croquis coté et 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 pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Technologie - Croquis et 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 - Const. d'avions.

### ÉLECTRICITÉ

**Monteur :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

**Desinateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Danger des courants - Eclairage électrique.

**Conducteur :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de 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.

### CHIMIE

**Aide-chimiste :** Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie : métaux, métalloïdes.

**Préparateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques.

**Chef de laboratoire :** Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Notions de Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale : métaux, métalloïdes, chimie organique - 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 SPÉCIALE DE RADIOTECHNIQUE COURS GRADUÉS DE MATHÉMATIQUES

Programme gratuit sur demande  
Joindre un timbre pour la réponse.



*Jeunesse...*

Une automobile est un **stock de kilomètres**  
d'autant plus important que la voiture est de  
meilleure qualité...

On peut dire qu'une voiture est **jeune** lors-  
qu'elle est capable de fournir encore un **grand**  
**nombre** de kilomètres... **économiquement.**

Sur le marché des voitures d'occasion, la  
**jeunesse** des PEUGEOT est proverbiale,  
parce que **leurs qualités** de vitesse, de  
régularité, de confort et d'économie ne  
**s'atténuent** pas à l'usage.

C'est pourquoi vous avez intérêt — si vous  
désirez limiter votre mise de fonds — à acheter  
une **bonne Peugeot d'occasion** chez le  
Concessionnaire de la Marque.  
En cas d'achat à crédit, il transmettra votre  
demande à la **D.I.N.**



*Jeunesse...*

**Peugeot**

