

# SCIENCE ET VIE

SEPTEMBRE 1946

N° 348

20 FRANCS



*Walter Sauter*



*Partout...*

les techniciens capables sont très recherchés. Les grandes entreprises réclament des praticiens entraînés.

Jeunes gens, jeunes filles, notez que plus de 70% des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves de l'E.C.T.S.F.

IL N'EXISTE PAS D'AUTRE ÉCOLE POUVANT VOUS DONNER LA GARANTIE D'UN PAREIL COEFFICIENT DE RÉUSSITE



*Demandez le Guide des Carrières gratuit*

# ÉCOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE - PARIS  
COURS DU JOUR, DU SOIR OU PAR CORRESPONDANCE

PUBLICITÉS REUNIES

## "LE DESSIN FACILE" enseigne PAR CORRESPONDANCE *Tous les genres de dessin*



### "LE DESSIN FACILE"

Croquis, paysage, portraits, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc., magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.



### "LA PEINTURE FACILE"

Mélanges et harmonie de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.



### DESSIN DE MODE

Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles, la mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc.

### "JE DESSINE"

Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin.



### DESSIN D'ILLUSTRATION

Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revue, journaux, etc.



### DESSIN DE PUBLICITÉ

Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire.



### DESSIN ANIMÉ

Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.



★ Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 35 ans. Les témoignages en thousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité. Demandez aujourd'hui la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse.



"LE DESSIN FACILE" 11, RUE KEPPLER, PARIS-16<sup>e</sup>

## LE DESSIN INDUSTRIEL **MÉTIER D'AVENIR**

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le **DESSIN INDUSTRIEL** par les célèbres méthodes de l'École du "Dessin Facile". Outre les principes du dessin industriel l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemin de fer, électricité, aviation, etc. Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la Notice-programme SV 87 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16<sup>e</sup> (Joindre 10 fra en timbres)

## Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, 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.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

**BROCHURE L. 98.780.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

**BROCHURE L. 98.781.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 98.782.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**BROCHURE L. 98.783.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 98.784.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

**BROCHURE L. 98.785.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 98.786.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

**BROCHURE L. 98.787.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 98.788.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 98.789.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

**BROCHURE L. 98.790.** — CARRIÈRES DE L'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

**BROCHURE L. 98.791.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

**BROCHURE L. 98.792.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

**BROCHURE L. 98.793.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, Bibliothèque, etc...).

**BROCHURE L. 98.794.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**BROCHURE L. 98.795.** — ARTS DU DESSEIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

**BROCHURE L. 98.796.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

**BROCHURE L. 98.797.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

**BROCHURE L. 98.798.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE  
59, boulevard Exelmans, PARIS

# Anglais Espagnol Allemand Russe en un temps record

Connaitre au moins une de ces quatre langues est devenu indispensable à tout Français. Pour apprendre vite, le meilleur moyen est la méthode par disques Linguaphone. En quelques mois, vous parlerez avec un accent impeccable.

## RIEN DE PLUS FACILE

Vous placez un disque sur votre phono et vous écoutez la voix des professeurs qui vous parlent dans leur propre langue ; en même temps, vous suivez, sur le livre illustré, les mots prononcés. Vous vous familiarisez très vite avec les sons et vous commencez à parler sans aucun effort. Votre prononciation est parfaite dès le début parce que vous n'entendez jamais prononcer un mot incorrectement.

## QUEL EST DONC LE SECRET DE LINGUAPHONE ?

Si vous voulez le savoir, renseignez-vous sur cette méthode éprouvée depuis 25 ans par plus d'un million d'élèves dans tous les pays du monde. La méthode Linguaphone, pour apprendre les langues par phono, est la plus facile, la plus rapide et la plus intéressante qui ait jamais été conçue.

## UNE BROCHURE OFFERTE GRATUITEMENT EXPLIQUE COMBIEN IL EST FACILE D'APPRENDRE UNE LANGUE PAR LINGUAPHONE

Écrivez sans tarder : cette brochure de 20 pages vous sera envoyée par retour, gratuitement et sans engagement de votre part. Vous y trouverez une documentation complète sur cette merveilleuse méthode. Elle vous indiquera comment vous pouvez faire un essai gratuit, chez vous, sans aucun engagement. Stipulez la langue qui vous intéresse.

# LINGUAPHONE

(Dépt. D6)

12, rue Lincoln (Ch.-Élysées) PARIS-8<sup>e</sup>

*Une Situation  
d'avenir en  
étudiant chez soi*



**DESSIN INDUSTRIEL RADIO**

Méthode d'enseignement **INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE** sous la direction de professeurs de valeur.

Préparation aux diplômes de :  
**DESSINATEUR CALQUEUR**  
**DESSINATEUR DÉTAILLANT**  
**DESSINATEUR PROJETEUR**  
C. A. P.  
**BACCALURÉATS TECHNIQUES** des carrières sédentaires et bien rémunérées



FUBL BONNANGE

Méthode d'enseignement technique et pratique comportant des travaux à domicile et à l'école.

Préparation aux diplômes de :  
**MONTEUR**  
**CHEF MONTEUR**  
**SOUS-INGÉNIEUR**, etc.  
**PRÉPARATION AUX EXAMENS OFFICIELS** ... un métier nouveau aux perspectives illimitées.

Nos services d'Orientation Professionnelle et de placement sont à la disposition de nos élèves.

DOCUMENTATION GRATUITE  
TOUT EN RÉPONDANT LA BRANCHE CHOISIE

**INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE 11, RUE CHALGRIN - PARIS (16<sup>e</sup>)**

POUR LA BELGIQUE, s'adresser I. P. P., 33, rue Vandermaelen, à BRUXELLES-MOLENBECK

## LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

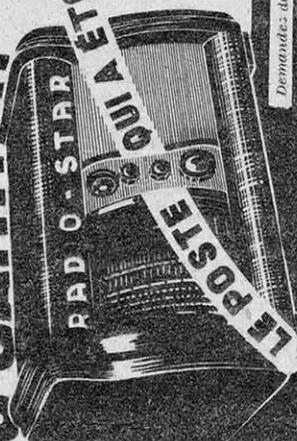
se font à l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves. Demandez, en la désignant par son numéro, la brochure qui vous intéresse. Envoi gratuit par courrier.

- |   |  |
|---|--|
| <p>N° 30720. CLASSES SECONDAIRES COMPLÈTES : Baccalauréats.</p> <p>N° 30721. CLASSES PRIMAIRES COMPLÈTES : Brevets.</p> <p>N° 30722. ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licence ès Lettres.</p> <p>N° 30723. COURS D'ORTHOGRAPHE.</p> <p>N° 30724. COURS DE RÉDACTION.</p> <p>N° 30725. FORMATION SCIENTIFIQUE : (Math., Phys., Chimie).</p> <p>N° 30726. DESSIN INDUSTRIEL.</p> <p>N° 30727. INDUSTRIE : Certificats d'aptitude professionnelle.</p> <p>N° 30728. RADIO, CERTIFICATS DE RADIO DE BORD (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classes).</p> <p>N° 30729. COMMERCE ET COMPTABILITÉ : Certificats d'aptitude professionnelle.</p> | <p>N° 30730. DUNAMIS (Culture mentale).</p> <p>N° 30731. PHONOPOLYLOTTE (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol).</p> <p>N° 30732. DESSIN ARTISTIQUE.</p> <p>N° 30733. COURS D'ÉLOQUENCE.</p> <p>N° 30734. COURS DE POÉSIE.</p> <p>N° 30735. FORMATION MUSICALE.</p> <p>N° 30736. INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES.</p> <p>N° 30737. COURS DE PUBLICITÉ.</p> <p>N° 30738. CARRIÈRES DES P. T. T. et des TRAVAUX PUBLICS.</p> <p>N° 30739. ÉCOLES D'INFIRMIÈRES et ASSISTANTES SOCIALES, ÉCOLES VÉTÉRINAIRES.</p> |
|---|--|

Plus de mille succès aux examens officiels en 1945  
**ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS**  
16, rue du Général-Malletterre, PARIS (16<sup>e</sup>).

3 BANDES O. C. ÉTALÉES  
ÉMETTEURS AMÉRICAINS  
ET PLUS DE 200 STATIONS BECQUES

5 GAMMES



PRÉSENTATION INÉDITE  
TECHNIQUE NOUVELLE  
GARANTIE TOTALE

3 MODÈLES  
5 GAMMES  
A PARTIR DE 7.950 FR.

Demandez documentation illustrée - Joindre timbre

RADIO-SEBASTOPOL 100 B<sup>d</sup> SEBASTOPOL PARIS  
FOURNISSEUR DES P.T.T. PREFECTURE SNCF. G<sup>de</sup> ADMINISTRATIONS

**Electricité, Radio,**  
**dessin industriel,**  
**photocopie,**  
**photographie industrielle**

offrent aux spécialistes de nombreuses situations parmi les mieux rémunérées ; et la reconstruction du pays, en créant de nouveaux et vastes besoins en cadres, accentuera encore ces avantages.

**Devenez donc rapidement un technicien averti et expérimenté.**

Pour que votre préparation à ces fonctions s'entoure des meilleurs éléments de succès, et se trouve guidée par des méthodes ayant fait leurs preuves, accordez votre confiance à un enseignement qui totalise depuis des années de brillants résultats, et documentez-vous gratuitement auprès de l'

**INSTITUT FRANÇAIS  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**

62, Boulevard Sébastopol, Paris (3<sup>e</sup>)

Cours du soir • Cours par correspondance

Préparation aux emplois civils, de l'Armée,  
de l'Aviation, de la Marine.

## LE DESSIN PAR LA MÉTHODE A.B.C.



Cet amusant croquis a été pris sur le vif par un de nos élèves, tandis qu'il était soldat. Il avait suivi nos cours par correspondance et appris à voir juste et à noter l'essentiel.

Vous pouvez dès aujourd'hui, apprendre à dessiner, en province aussi facilement qu'à Paris, par correspondance. La méthode A.B.C. vous permettra, même si vous êtes débutant, d'enlever, dès les premières leçons, des croquis vivants et expressifs d'après nature.

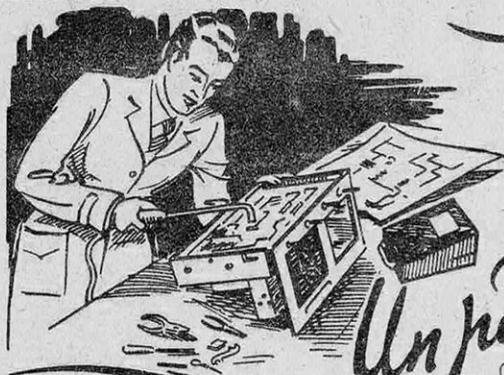
Vous pouvez vous spécialiser, sans supplément de prix, dans l'Illustration, le Paysage, le Portrait, la Publicité, la Décoration, le Dessin de Mode, le Dessin Humoristique, le Croquis de Reportage.

### DEMANDEZ LA BROCHURE DE RENSEIGNEMENTS

Un luxueux album, abondamment illustré, vient d'être édité spécialement pour vous renseigner d'une manière très complète sur la méthode et le programme de l'École A.B.C. ainsi que sur les résultats obtenus par des milliers d'élèves enthousiastes et reconnaissants. En demandant cet album, écrivez-nous, donnez-nous des détails : avez-vous déjà dessiné, quel but voulez-vous atteindre ?

Un autre album a été édité pour les enfants de 8 à 13 ans (cours spécial). Si vous nous le demandez, précisez s'il s'agit d'un garçon ou d'une fillette et de quel âge. (Joindre à toute demande 12 Frs pour frais d'envoi, en spécifiant bien "Album Adultes" ou "Album Enfants").

**ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN (Studio J. 9) 12, R. Lincoln (Ch. Élys). PARIS**



*Un poste de radio gratuit*

Comme avant la guerre...

**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE**  
fournit gratuitement, à tous ses élèves, le matériel  
nécessaire à la construction d'un récepteur moderne.

Ainsi les **COURS TECHNIQUES** par correspondance  
sont complétés par des **TRAVAUX PRATIQUES**  
Vous-même, dirigé par votre Professeur, Géo MOUSSERON,  
construirez un poste de T. S. F.

**CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ**

*Renseignements & Documentation gratuits :*

**ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE**  
51, BOULEVARD MAGENTA · PARIS 10<sup>e</sup>

CH. LEMONNIER,  
55

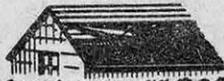


*Contre la pluie  
et l'humidité...*

**ASFEUTROÏD**

PROTÈGE EFFICACEMENT  
et POUR LONGTEMPS  
C'est la couverture  
ou le revêtement  
le plus ÉCONOMIQUE

En vente chez votre marchand de  
matériaux et chez votre Quincaillier



**L'ASFEUTROÏD**  
le feutre asphalté solide

USINE A  
MONTSOULT

216, RUE LECOURBE. PARIS 15<sup>e</sup>

# SCIENCE ET VIE

Tome LXX - N° 348

Septembre 1946

## SOMMAIRE

- ★ Voitures de course 1946, par Georges Gedovius..... 98
- ★ Les êtres vivants lumineux, par C. Puisségur..... 109
- ★ Le dragage des mines sous-marines, par R. Leprêtre..... 117
- ★ Du réflexe à l'activité volontaire, par le Dr Paul Chauchard. 127
- ★ Obstacles audibles et paroles visibles, par P. Hémardinquer. 137
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor..... 141



Depuis un an, les courses automobiles ont repris en France et à l'étranger, soit sur des circuits routiers comportant toutes les difficultés inhérentes à la route, soit, comme très souvent en Amérique, sur des autodromes aménagés. Certaines des voitures alignées dans ces compétitions sont équipées de moteurs de conception originale, en général surcompressés, fonctionnant avec un carburant quasi explosif, montés sur des châssis spécialement aménagés et suspendus; d'autres, plus utilitaires, sont des modèles de série ayant subi un réglage minutieux et ne comportant que les quelques adaptations jugées indispensables pour la course, adaptations dont bénéficient souvent, par la suite, les voitures destinées à la clientèle courante lorsqu'elles ont fait leurs preuves. Tous les carénages, enveloppements ou non, suivent strictement les règles de l'aérodynamisme. Ainsi, grâce à l'ingéniosité et à l'audace des constructeurs et des coureurs, la voiture légère s'améliore de jour en jour, tant par ses qualités de puissance et d'endurance que dans ses formes et sa suspension. La couverture de ce numéro représente une voiture monoplace de course de 4,5 l de cylindrée sans compresseur, suivant la formule internationale pour 1946 (voir l'article page 98 de ce numéro).

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne.  
Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII<sup>e</sup>). Téléphone : Élysées 26-69; Publicité :  
24, rue Chauchat, Paris (IX<sup>e</sup>). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits  
de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et  
Vie », Septembre mil neuf cent quarante-six.

**ABONNEMENTS.** — Affranchissement simple : France et Colonies, 200 francs; Recommandé, 270 francs;  
Étranger, 350 francs; Recommandé, 450 francs.

Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.

Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.  
La table générale des matières des vingt premières années (n° 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.

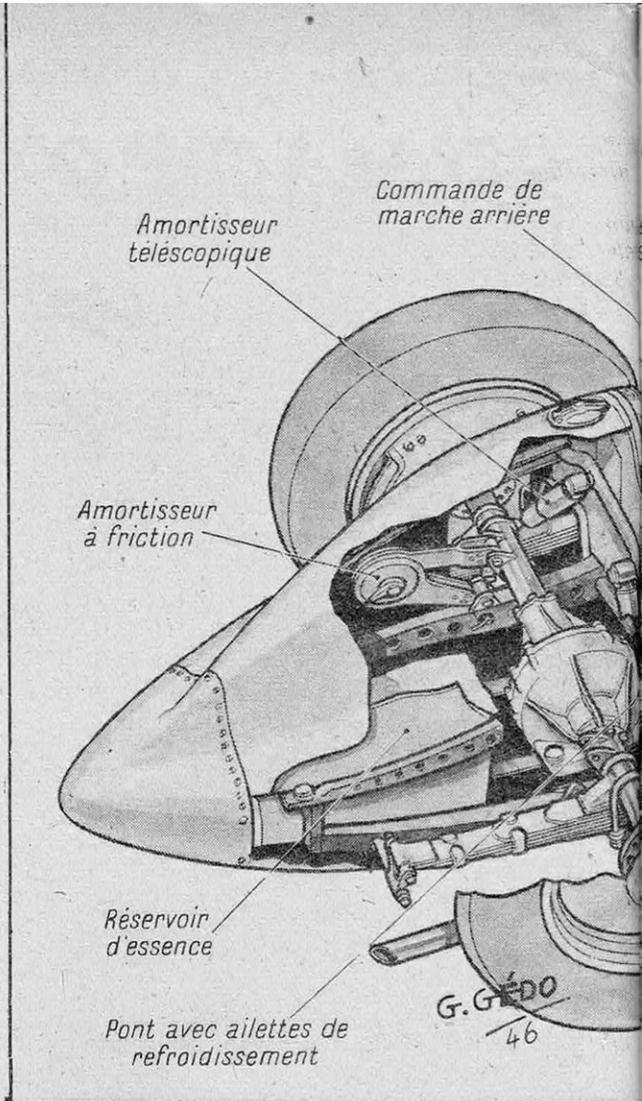
# VOITURES DE COURSE 1946

par Georges GEDOVIUS

La voiture de course tend de plus en plus à s'écarter, dans ses conceptions et dans ses réalisations, de la voiture utilitaire (1). C'est sans doute la raison pour laquelle, en 1939, la guerre a interrompu toute activité de sport automobile, les Américains eux-mêmes ayant suspendu leur grand prix annuel d'Indianapolis. C'est la France qui après ces six années d'interruption, a donné le signal de la reprise des courses avec la coupe de Paris, disputée au bois de Boulogne, le 9 septembre 1945. C'était en même temps la première épreuve courue presque dans Paris. L'année 1946 a vu se dérouler de nombreuses épreuves qui ont montré que l'intérêt porté par le public à ce genre de manifestations n'a pas faibli. Parmi les voitures exhibées cette année, on remarque des voitures ayant déjà couru avant guerre, et d'autres d'un modèle plus récent, mais résultant presque toutes de modifications plus ou moins importantes apportées à des voitures d'avant guerre. Contrairement à la technique américaine, en particulier, la France se distingue par le souci qu'apportent ses constructeurs à présenter des modèles qui s'apparentent aux voitures de série offertes à la clientèle, les modèles de course ne s'en écartant que par quelques détails et une mise au point plus soignée des principaux organes.

La reprise des épreuves de vitesse en France a été couronnée de succès. Toutefois, deux réserves doivent être faites, portant à la fois sur la situation présente et sur l'avenir immédiat : d'une part, le démarrage industriel est loin d'être, même actuellement, un fait accompli, le plan quinquennal prévu pour la mise en route de la construction n'ayant reçu qu'un commencement d'exécution, et le moment paraît mal choisi pour dresser un programme de voitures spéciales, qui ont le désavantage d'exiger un budget important ; d'autre part, si nous sommes toujours régis, pour la formule interna-

(1) Voir Science et Vie, n° 256, octobre 1938 : « Les courses de vitesse et la mécanique automobile. »



tionale, par celle qui était en vigueur lorsque la guerre fut déclarée (cylindrée maximum de 3 l avec compresseur, de 4,5 l sans compresseur), des changements sont prévus pour l'an prochain, la cylindrée maximum autorisée avec compresseur n'étant plus que de 1 500 cm<sup>3</sup>, ce qui bouleverse les données du problème.

On comprend, dans ces conditions, que nos industriels soient demeurés pour la plupart dans l'expectative et que les solutions nouvelles proposées depuis 1939 n'aient qu'un caractère transitoire, sauf si elles sont applicables aux voitures de course actuellement étudiées en vue de la nouvelle formule 1947. C'est donc un peu le bilan d'une activité qui sera bientôt défunte que nous allons dresser ici.

## Voitures de course et construction de série

La position très particulière de la construction française dans le domaine de la course de vitesse pure a des antécédents dans la période d'avant guerre, où il ne nous fut pas possible de lutter à armes égales avec nos concurrents étrangers, dont les deux principaux étaient l'Allemagne et l'Italie. Ces deux pays, poursuivant une politique de prestige qui ne voulait ni ne pouvait tenir aucun compte de difficultés financières pourtant notoires, établissaient des modèles absolument spéciaux, ne présentant que des rapports

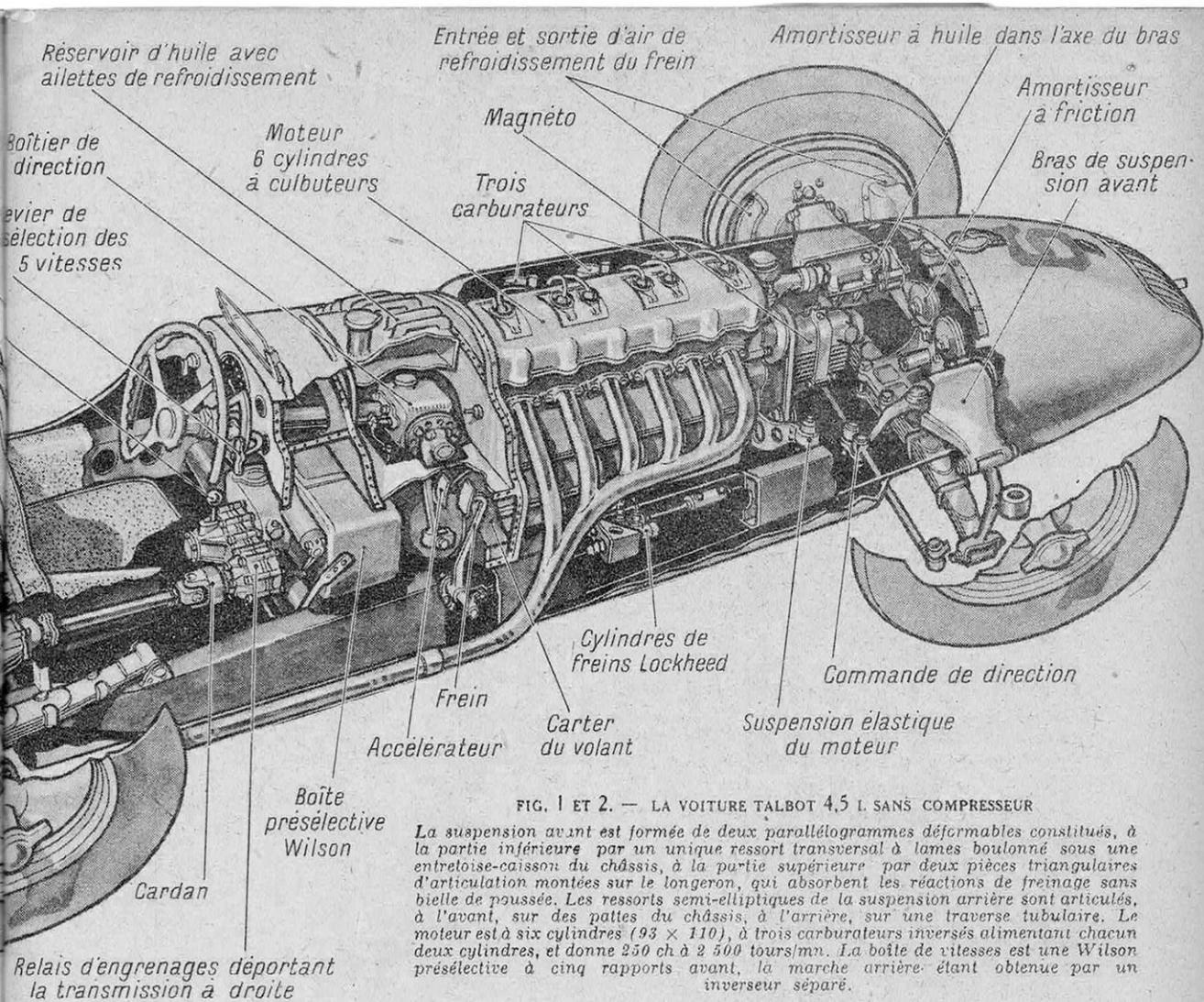
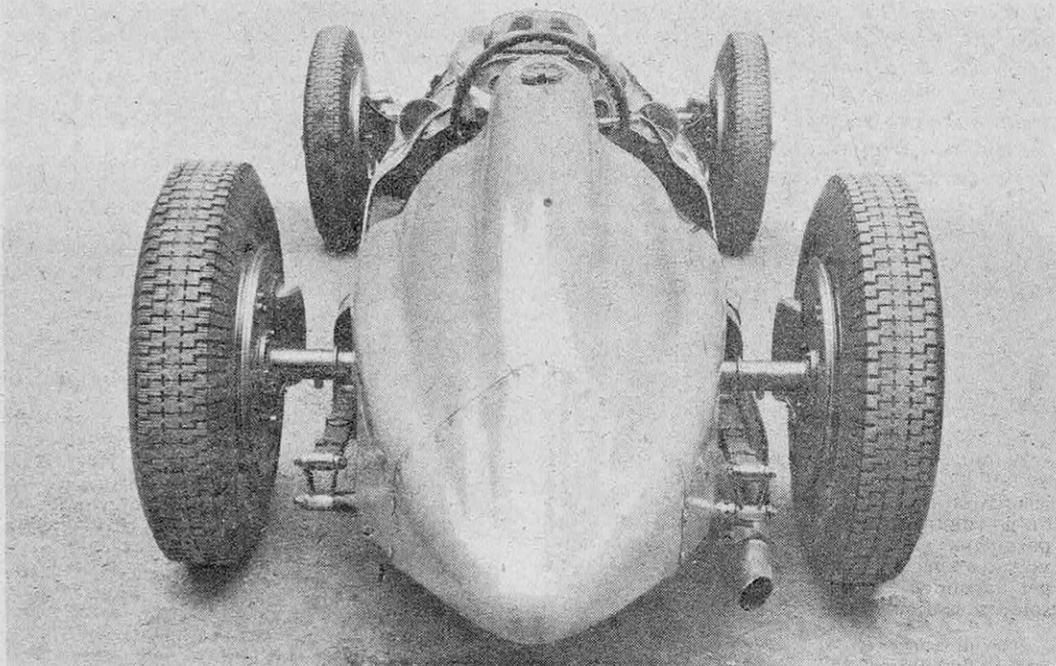


FIG. 1 ET 2. — LA VOITURE TALBOT 4,5 L SANS COMPRESSEUR

La suspension avant est formée de deux parallélogrammes déformables constitués, à la partie inférieure par un unique ressort transversal à lames boulonné sous une entretoise-caisson du châssis, à la partie supérieure par deux pièces triangulaires d'articulation montées sur le longeron, qui absorbent les réactions de freinage sans bielle de poussée. Les ressorts semi-elliptiques de la suspension arrière sont articulés, à l'avant, sur des pattes du châssis, à l'arrière, sur une traverse tubulaire. Le moteur est à six cylindres (93 x 110), à trois carburateurs inversés alimentant chacun deux cylindres, et donne 250 ch à 2 500 tours/mn. La boîte de vitesses est une Wilson présélective à cinq rapports avant, la marche arrière étant obtenue par un inverseur séparé.



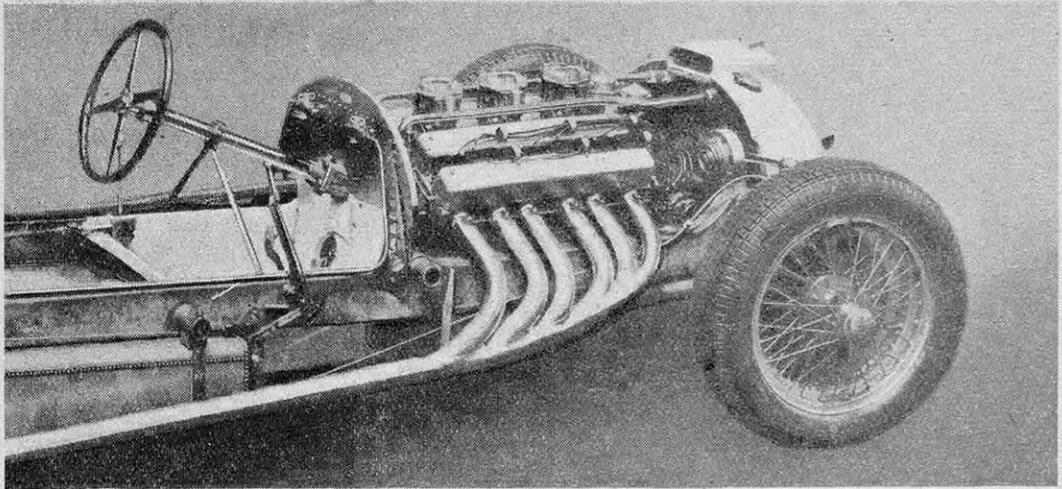


FIG. 3. — PARTIE AVANT DU CHASSIS DE LA DELAHAYE

Le moteur est à douze cylindres en V, non suralimentés, d'une cylindrée de 4,5 l. Les arbres à cames, situés dans le carter, attaquent par l'intermédiaire de tiges et de culbuteurs les soupapes en tête enfermées dans des cariers séparés pour chaque rangée de soupapes d'admission et d'échappement. La puissance dépasse 250 ch à 5 000 tours/mn.

de plus en plus lointains avec la construction normale de la voiture de tourisme et qui revenaient fort cher, tant en réalisation qu'en utilisation, notamment en consommation de carburants spéciaux. C'était s'engager dans une voie spectaculaire qui ne pouvait guère être génératrice de progrès.

Plus sagement, nos industriels s'efforçaient de se tenir au plus près de la construction de série, et il n'est guère de solutions proposées par eux qui ne pussent avoir d'application immédiate dans le domaine courant. Évidemment, nos moteurs se sont trouvés en situation d'infériorité quant à la puissance par rapport à ceux des étrangers ; mais que l'on songe que cette puissance élevée n'était acquise qu'au prix d'un travail anormal de la matière, n'était due qu'à l'artifice du surcompresseur et exigeait des carburants au prix de revient excessivement élevé et dont les effets sur les organes moteurs n'étaient rien moins que nocifs. C'est ainsi que les hasards de l'occupation en Allemagne ont permis de découvrir la formule de ces carburants pour la Mercedes et l'Auto-Union : il s'agissait d'un composé de 86 % d'alcool méthylique, 8,8 % d'acétone, 4,4 % de nitrobenzine et 0,8 % d'éther sulfurique.

### Les moteurs français

En France, on court avec le 6-cylindres, 4,5 l, sans compresseur, de la Talbot monoplace (fig. 1 et 2), dérivée de la Lago spéciale de 1936 : moteur à trois carburateurs avec carter en alliage léger, culasse détachable en alliage léger. Le vilebrequin est à 7 paliers lisses et les bielles à portées lisses ; un arbre à cames logé dans le carter et entraîné par chaîne commande les soupapes par poussoirs, tiges et culbuteurs ; les chambres de combustion hémisphériques sont entièrement usinées ; les soupapes portent sur des sièges rapportés et sont rappelées par trois ressorts concentriques. Un nouveau moteur est à l'étude, toujours de 4,5 l, à 2 arbres à cames en tête.

La nouvelle Delahaye est à 12 cylindres en V, non suralimentés, de 4,5 l (fig. 3).

Mais les deux meilleurs exemples que l'on puisse citer sont ceux de Simca et de D.B. (résultat de l'association, en 1935, de deux indépendants, MM. Deutsche et Bonnet). La Simca 5, d'une cylindrée de 570 cm<sup>3</sup> (12 ch à 3 600 tours/mn), a une culasse d'aluminium avec soupapes latérales, une boîte de vitesses à 4 rapports et, comme suspension, celle des voitures de série ; elle a couru au bois de Boulogne en 1945. La Simca 8, carrossée en « tank », c'est-à-dire à roues enfermées, a remporté bien des victoires devant des machines de course spéciales. Gordini, dont le nom est lié à toute Simca de compétition, a transformé une Simca 8 en monoplace de course, réalisant ainsi une voiture composée de 80 % de pièces de série, équipée d'un moteur de 1 100 cm<sup>3</sup> alimenté par un seul carburateur, qui a remporté le grand prix de Marseille (fig. 4).

La D. B. utilise en traction avant un 4-cylindres de 1 490 cm<sup>3</sup>, à culasse d'aluminium, alimenté par un carburateur Solex inversé et une boîte à trois rapports avant et une marche arrière — fait exceptionnel pour une voiture de course. Comme pour la Simca, le moteur de la D. B. est classique, et cependant les résultats sont excellents. Mentionnons toutefois qu'on prépare chez D. B. un 1 500 cm<sup>3</sup> à culasse hémisphérique et commande des soupapes par double arbre à cames en tête, avec alimentation par deux carburateurs, donnant 100 ch à 6 900 tours/mn.

Il faut arriver à la voiture Guérin-de Coucy — ce dernier spécialiste de la 500 cm<sup>3</sup> de records — pour rencontrer un moteur conçu spécialement pour la course et intéressant par un certain nombre de solutions originales dictées par le souci de construire léger, tout en résistant aux efforts développés par une vitesse de régime assez élevée. Il s'agit d'un 8-cylindres en ligne à soupapes en tête de 35 mm de diamètre, d'une levée

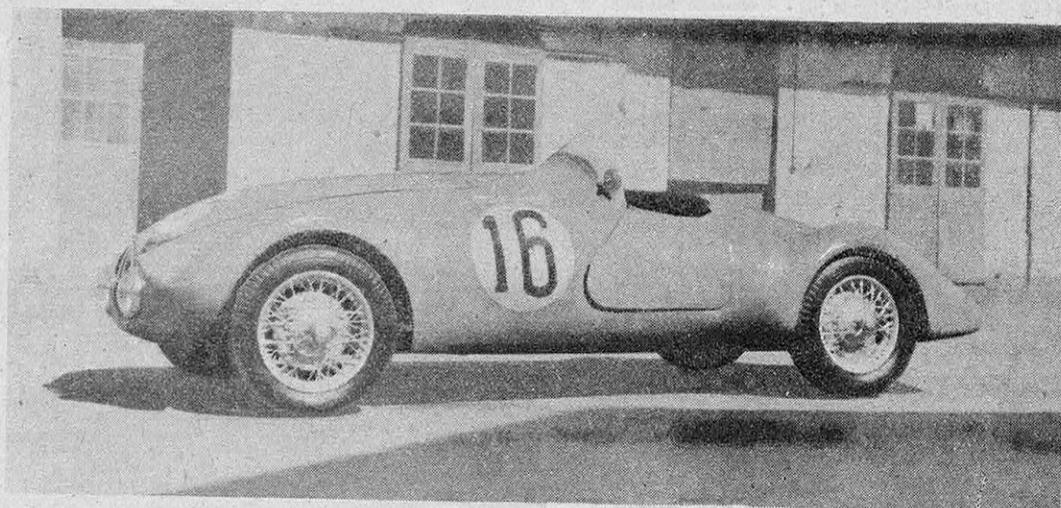


FIG. 4. — LA MONOPLACE SIMCA DE GORDINI

Cette voiture a couru au Mans avant guerre; elle est gagnante au bois de Boulogne en 1945 et à Saint-Cloud en 1946. Son moteur est de 1 100 cm<sup>3</sup> et elle est composée de 80 % de pièces de série. Elle est remarquable par sa carrosserie en « tank » enfermant les roues.

de 8 mm et rappelées par 2 ressorts concentriques; les cames attaquent tangentiellement les soupapes, supprimant les efforts latéraux sur les queues. Ce dispositif a déjà dépassé le régime de 10 000 tours/mn sans rupture de ressorts. Les bielles tubulaires, montées sur rouleaux, ont pour longueur seulement 1,7 fois la course du piston. Un train de 6 pignons commande la distribution et entraîne également deux pompes à huile et une pompe à eau montées en tandem sur le

même arbre. A l'avant, un compresseur de Coucy, tournant à 19/26 du régime, contient deux rotors tangentiels pouvant être animés de vitesses différentes et donnant ainsi deux étages de compression: il débite normalement à 2,4 kg/cm<sup>2</sup>. La boîte de vitesse est à quatre rapports, semi-automatique entre 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup>, et entre 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>, un levier permettant de passer des petits rapports aux grands grâce à un crabot hélicoïdal dans le sens de rotation du moteur.

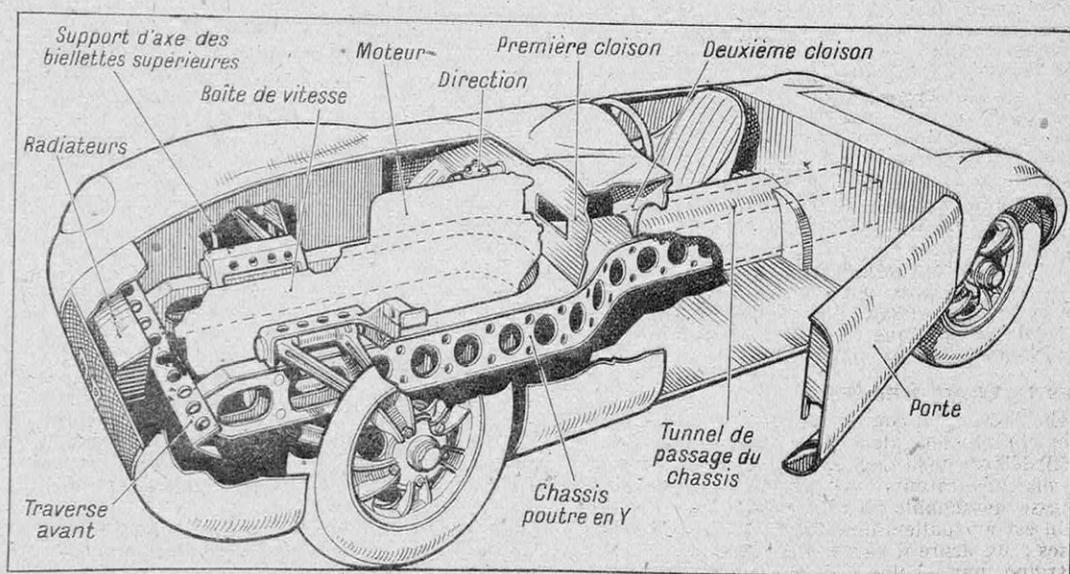
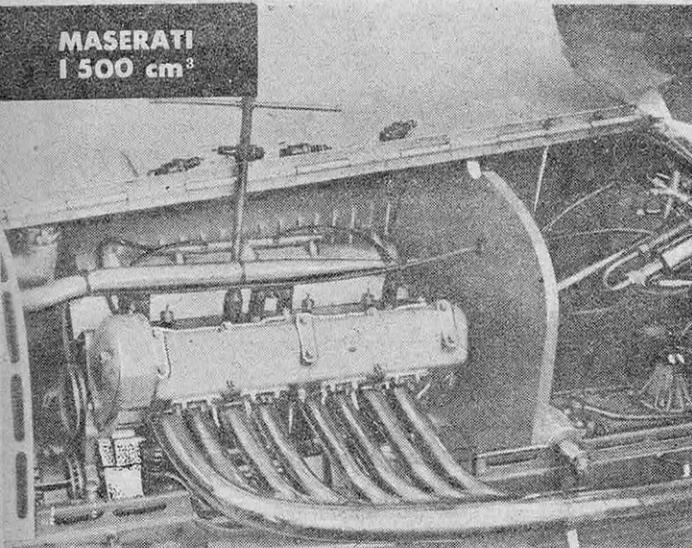
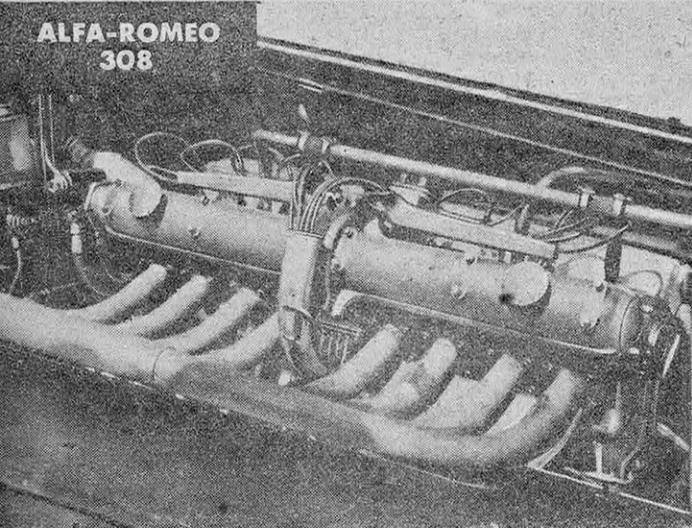
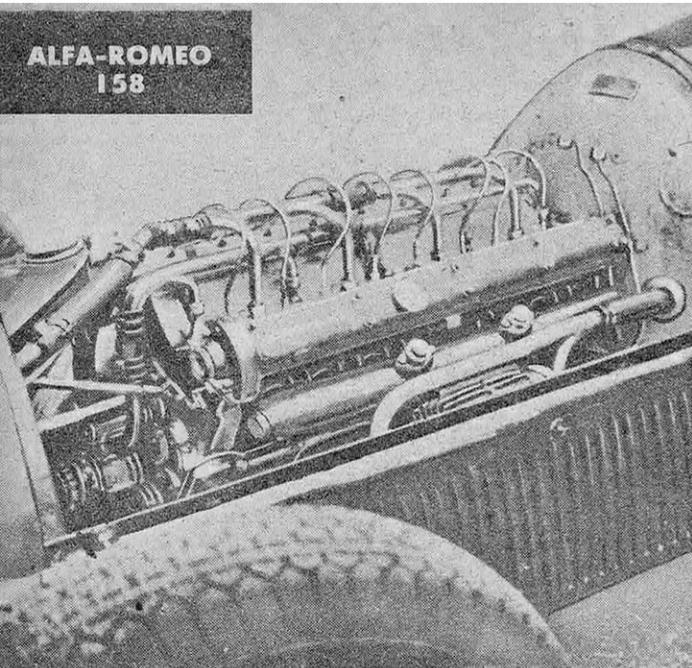


FIG. 5. — LA VOITURE DE COURSE D. B. (DEUTSCHE ET BONNET)

Ce schéma montre le châssis léger formé d'une poutre centrale terminée en fourche à l'avant, une traverse avant supportant le radiateur. Les articulations sont montées sur silent-blocs.



### Les constructeurs français, premiers réalisateurs de la roue indépendante

Le grand mérite des voitures françaises aura été la mise en évidence de l'importance de la suspension pour la tenue de la route du véhicule. Naguère, on se contentait d'une suspension ordinaire dont on serrait au maximum les amortisseurs, ce qui constituait une solution paresseuse d'un problème cependant capital. Étant donné l'accroissement des vitesses et le souci des organisateurs d'épreuves de trouver des circuits de plus en plus difficiles à « négocier », il fallut chercher autre chose.

C'est à l'instigation des réalisateurs français que se généralisa la suspension à roues avant indépendantes, dont on sait la carrière dans la construction de série. Les exemples sont nombreux que l'on peut citer.

Chez Talbot (fig. 1), la suspension avant est formée de deux parallélogrammes déformables constitués à leur partie inférieure par un unique ressort transversal à lames, à la partie supérieure par deux pièces triangulaires qui absorbent les réactions de freinage sans bielle de poussée et qui sont chacune soumise à l'action combinée d'un amortisseur à huile et d'un amortisseur à friction. La suspension arrière se fait par deux ressorts semi-elliptiques longitudinaux transmettant la poussée et la réaction ; les amortisseurs hydrauliques sont combinés à des amortisseurs à friction.

Pour les roues avant, Simca n'a eu qu'à adopter sa suspension de série, alors que D. B. utilise deux bras de levier. Remarquons sur la 1100 cm<sup>3</sup> Simca une suspension arrière spéciale pour la course constituée par deux bras parallèles à l'essieu et rejoignant le châssis. Pour D. B., la suspension arrière utilise des barres de torsion longitudinales placées à l'intérieur du châssis et solidaires de bras en tôle formant demi-essieux (fig. 5).

Sur la voiture Guérin-de Coucy, ce sont des ressorts quart-elliptiques, parallèles au châssis à l'avant et dirigés obliquement vers l'extérieur à l'arrière. A l'arrière, la transmission type de Dion est amortie par deux amortisseurs à friction, parallèles aux ressorts, et le flottement latéral est freiné par une barre transversale.

Signalons enfin que Bugatti met au point une 1500 cm<sup>3</sup> monoplace qui, dans l'ensemble, demeure fidèle aux principes en honneur à Molsheim, notamment pour la suspension, aucune

FIG. 6, 7 ET 8. — MOTEURS DE L'ALFETTE (ALFA-ROMEO 158), DE L'ALFA-ROMEO 308 ET DE LA MASERATI 1500 CM<sup>3</sup>

Ces trois moteurs sont respectivement à huit cylindres en ligne (58 x 70 mm) de 1 479,5 cm<sup>3</sup>, huit cylindres en ligne (69 x 100 mm) de 2 991 cm<sup>3</sup>, et quatre cylindres de 78 x 78 mm; ce dernier moteur « carré » permet de tourner très vite et d'avoir de franches accélérations; ces trois moteurs ont la distribution par double arbre à cames en tête (même le quatre-cylindres, qui est à 16 soupapes), commandé au milieu du moteur pour l'Alfa 308, à l'avant pour les autres. Ils sont munis de compresseurs Roots, celui de l'Alfette étant monté latéralement à gauche, l'Alfa 308 ayant un compresseur pour chaque groupe de quatre cylindres, et la Maserati ayant le compresseur à l'avant. Les puissances sont : pour l'Alfette, 195 ch à 7 500 tours/mn; pour l'Alfa 308, 305 ch à 6 000 tours/mn (grâce à un carburant mixte et une mise au point spéciale, la voiture de série ne donnant que 185 ch à 5 000 tours/mn); et, pour la Maserati, 210 ch à 7 500 tours/mn. Ce dernier moteur forme bloc avec une boîte de vitesses à quatre rapports.

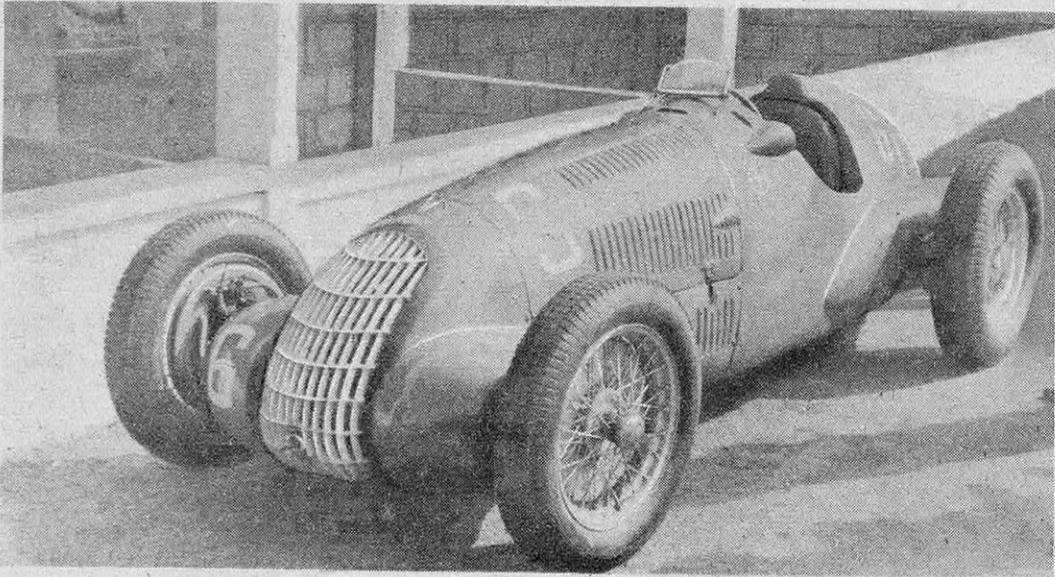


FIG. 9. — L'ALFA-ROMEO 308 DE WIMILLE

Le type 308 a été construit en 1937 à partir de la 2 800, type destiné à la clientèle sportive. Châssis à deux longerons tubulaires de section rectangulaire, quatre roues indépendantes. L'ensemble à vide pèse 850 kg.

roue n'étant indépendante. Le moteur sera un 8-cylindres en ligne avec un gros compresseur disposé parallèlement au carter. Les roues spéciales consistent en jantes dont la face interne est garnie de dents engrenant sur un flasque solidaire du tambour de frein, les rayons étant dans un plan perpendiculaire à l'axe de roue.

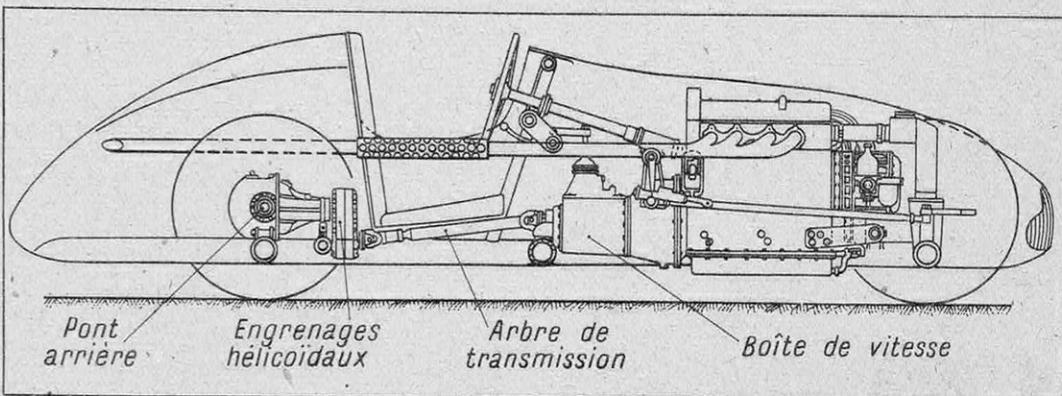
La suspension n'est pas le seul élément concourant à assurer la tenue de route ; il est nécessaire encore de posséder un châssis rigide dont on réduira le poids au minimum. On peut faire appel au longeron-caisson entretoisé par les traverses tubulaires, comme chez *Talbot* (fig. 1), ou aux longerons parallèles légèrement rapprochés à l'avant, solution Gordini pour la *Simca*. La *D. B.* (fig. 5) utilise une poutre centrale à section rectangulaire s'épanouissant en fourche à l'avant, le

tout réalisé en tôle mince ajourée et simplement pliée et soudée ; l'ensemble du châssis ne pèse pas 50 kg. La même marque prépare un autre châssis en tôle d'aluminium.

Enfin, en ce qui concerne le freinage, la course a conservé la solution du freinage hydraulique, dont Lockheed demeure le type principal. En général, les tambours, de grand diamètre, inscrits dans la face interne de la jante, sont refroidis en marche par circulation forcée d'air.

#### Les formes de moindre résistance et les voitures françaises

Le problème de la résistance de l'air revêt, ici, toute son importance ; pour le résoudre, on a présenté un certain nombre de solutions qui ont

FIG. 10. — LA VOITURE ANGLAISE ALTA 1 500 CM<sup>3</sup>

Le moteur est à quatre cylindres « super carré ». La boîte à quatre rapports fait suite à un embrayage à disque unique ; l'arbre de transmission est incliné vers l'arrière et relié au pont par des engrenages hélicoïdaux sans carter.

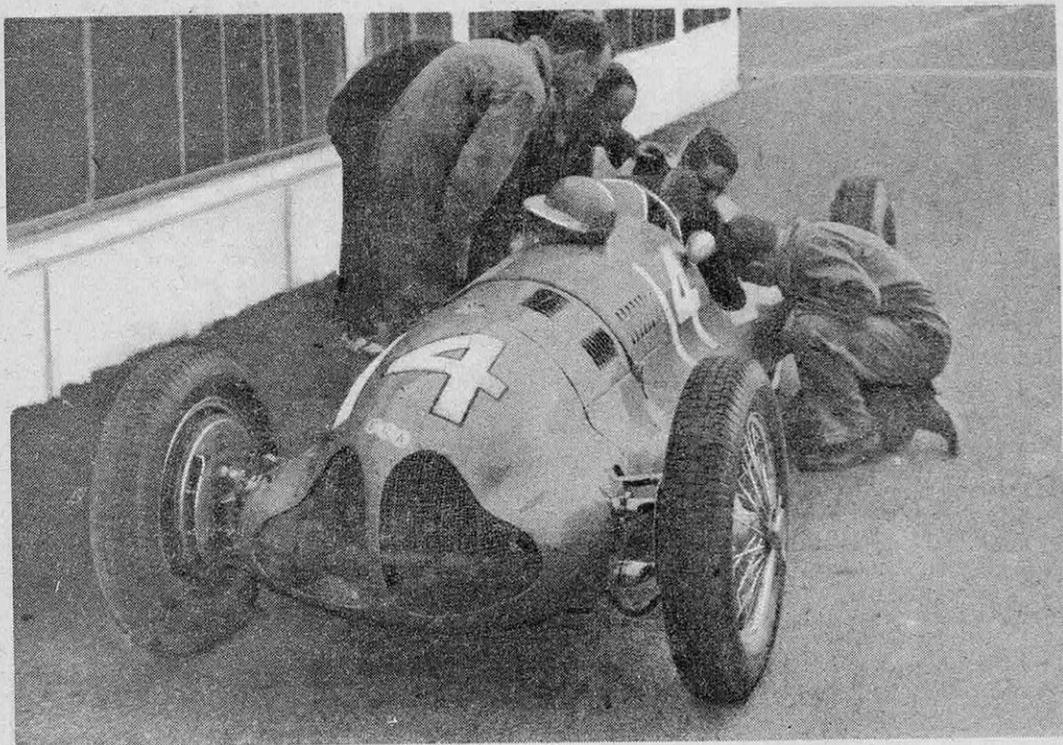


FIG. 11. — LA VOITURE ANGLAISE E. R. A. | 500 CM<sup>3</sup>

Cette voiture est équipée d'un moteur six cylindres (63 × 80) ; les soupapes en tête sont inclinées à 90° et commandées par des culbuteurs et poussoirs très courts, les arbres à cames étant montés le long des cylindres. La puissance développée atteint 250 ch à 8 000 tours/mn. La boîte, à quatre rapports synchronisés très rapprochés, est montée rigidement avec le différentiel à l'arrière du châssis.

eu le mérite de servir d'exemples pour la voiture normale. Il est probable que c'est en considérant les profilages des voitures de course que l'œil s'est accoutumé à des formes qui eussent parues inacceptables naguère et que l'on accueille sans étonnement aujourd'hui.

Pour réaliser une carrosserie de course, on est souvent contraint d'utiliser certains artifices pour la transmission afin d'assurer une place au siège du conducteur. C'est la rançon de la disposition moteur avant et propulsion arrière ; la question serait simplifiée si l'on faisait appel soit au « tout avant », soit au « tout arrière ». Une solution consiste à reporter la boîte de vitesse sur l'essieu arrière, réalisant ainsi l'essieu type de *Dion*. (Voir schéma de la *Mercedes* allemande, fig. 12). On peut encore déporter l'arbre de transmission sur la droite ou sur la gauche au moyen d'un train d'engrenages, comme sur la *Talbot* (fig. 1), ce qui permet d'asseoir le pilote très bas au centre, mais diminue le rendement.

*D. B.* adopte la forme « tank » pour obtenir une carrosserie enveloppante évitant, par des raccords transversaux à grand rayon, les effets de vent latéral nuisibles à la stabilité. Avec une caisse en duralinox, l'ensemble ne pèse pas plus de 600 kg, dont 400 kg portant sur les roues avant tractrices. La surface frontale caractérisant le maître couple est inférieure à 1 m<sup>2</sup>, le dessous de la caisse est entièrement fermé, la pente étant relevée vers l'arrière pour obtenir une portance

négative (1) donnant une meilleure adhérence.

Chez *de Coucy*, on a muni la carrosserie d'une pointe arrière de grande dimension, avec un capot avant très surbaissé à raccords elliptiques. C'est le principe des deux cônes de pénétration, un pour l'avant et un second pour le pare-brise incliné et incurvé, qui se prolonge par un carénage arrière. Les essais au tunnel ont été satisfaisants. L'air de refroidissement pénètre par une ouverture ménagée à la base du nez ; il est guidé à l'intérieur par un capotage et évacué par des manches à air. L'ensemble est en duralinox.

### Les voitures italiennes caractérisées par leur suspension

Les voitures italiennes ont été conservées, malgré les destructions de la guerre, notamment en ce qui concerne *Alfa-Romeo* et *Maserati* ;

Tout récemment, nous avons pu voir en course la nouvelle *Alfette*, ou *Alfa-Romeo 158*, qui fut modifiée en 1939 après avoir participé à la coupe Ciano en 1938. Elle attire l'attention par une suspension d'un type assez peu répandu, celui des quatre roues indépendantes. A l'avant, la suspension est réalisée de chaque côté par deux biellettes superposées, la biellette supérieure étant reliée à l'extrémité d'un ressort à

(1) La portance est la composante verticale de la résistance aérodynamique.

James transversal, et ayant son axe connecté à un amortisseur à friction dont les bras sont reliés à un amortisseur vertical à huile. A l'arrière, on retrouve la combinaison ressort à lames et bielle de réaction soumise à l'action combinée d'un amortisseur à huile et d'un amortisseur à friction. L'ensemble est assez compliqué, mais paraît efficace, la tenue de route étant excellente.

Le moteur (fig. 6) est un 8-cylindres en ligne. La boîte à quatre vitesses est disposée horizontalement à l'arrière et boulonnée au carter du pont. Le châssis est en longerons-caissons droits avec traverse en tôle ajourée; freins Lockheed.

Cette voiture répond à la future formule internationale; cependant, on étudie chez *Alfa* un autre moteur de 1 500 cm<sup>3</sup> à douze-cylindres horizontaux opposés, chaque groupe possédant un double arbre à cames en tête, et l'on espère obtenir une puissance de 320 ch. Ce moteur sera placé à l'arrière du véhicule, tout comme dans l'Auto-Union allemande d'avant guerre.

*Alfa-Romeo* demeure ainsi partisan du grand nombre de cylindres; le modèle de Wimille (fig. 9), qui est celui de 1937, un 3-litres, comporte un 8-cylindres à distribution en tête par double arbre à cames commandé au milieu des cylindres, qui sont en ligne et forment deux groupes de quatre (fig. 7).

*Maserati* s'oppose à cette conception avec son 4-cylindres à 16 soupapes de 1 500 cm<sup>3</sup>, caractérisé par le fait que la course et l'alésage sont égaux [78 x 78 mm] (fig. 8); c'est la théorie du moteur « super-carré » qui permet de tourner très

vite (7500 tours/mn), qui se prête bien à la suralimentation (un compresseur Roots entraîné à l'avant du moteur) et donne des reprises très franches. Là encore l'étude de la suspension à roues indépendantes a été très poussée, mais pour l'avant seulement (barre de torsion), l'arrière étant classique: essieu rigide et suspension par ressorts doublés de bielles en tôle pleine — une par ressort.

Enfin, mentionnons qu'on étudie chez *Fiat* une voiture à compresseur dérivée de la 1 100 cm<sup>3</sup> qui ne pèserait que 347 kg et serait susceptible d'atteindre une vitesse de 190 km/h. De son côté, Cattaneo travaille sur le même moteur pour le transformer en type à double arbre à cames en tête.

### En Angleterre, on compte surtout sur les nouvelles *Alta*

L'Angleterre, sauf en cylindrées inférieures, n'a jamais beaucoup figuré dans les compétitions internationales, sa politique traditionnelle la portant vers les records de vitesse pure (Eyston et Cobb) et les épreuves à meilleur rendement publicitaire (les 24 heures du Mans, par exemple) susceptibles de fournir des arguments en faveur de l'exportation.

Mais cette politique pourrait évoluer grâce à *Alta*, qui vient de mettre au point de nouveaux châssis pouvant être munis de moteurs 1 500 cm<sup>3</sup> ou 2 litres selon les besoins (fig. 10). Le moteur est à 4 cylindres « super-carré » pour le 1 500 cm<sup>3</sup>, selon la technique Maserati; le haut du carter-

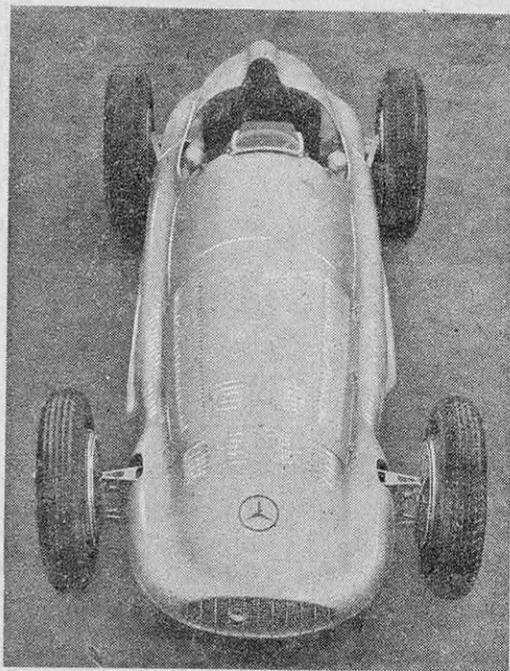
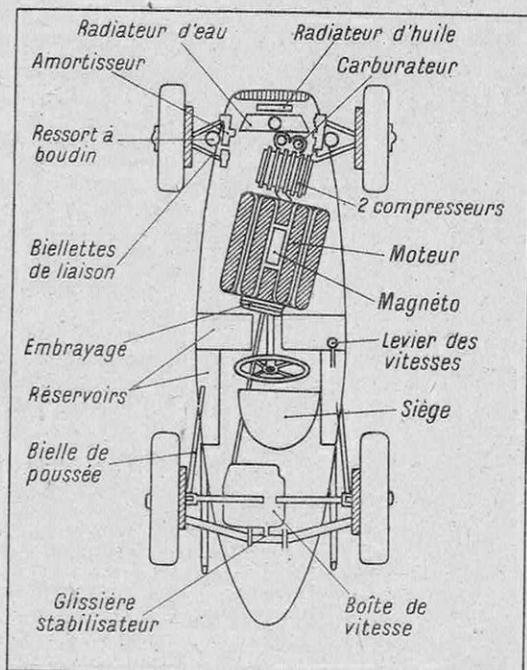


FIG. 12 ET 13. — LES VOITURES ALLEMANDES MERCEDES

Le dessin représente le schéma de principe de la Mercedes 1 500 cm<sup>3</sup> que Carraciola comptait faire courir à Indianapolis. Le moteur à huit cylindres en V est disposé obliquement à l'avant du châssis de telle sorte que l'arbre de transmission se trouve reporté sur la gauche, permettant d'asseoir le pilote très bas et légèrement à droite; l'arbre attaque la boîte de vitesses, décalée sur la gauche et montée en arrière sur l'essieu. Cette voiture est, au point de vue châssis et carrosserie, une réduction exacte de la 3-litres à compresseur représentée par la photographie.

moteur est prolongé obliquement jusqu'à la culasse pour former la chemise d'eau ; le bloc est boulonné, à l'intérieur, sur le carter, la culasse étant posée sur des joints en segments entourant les cylindres et boulonnée sur le haut de la chemise. Deux arbres à cames commandés par chaîne attaquent par des leviers intermédiaires les soupapes disposées à 68° et reposant sur des sièges en bronze. Le compresseur est du type Roots spécial ; quatre tubulures projettent l'huile directement sur les pistons à partir de 3 000 tours ; la puissance est de 225 ch à 7 000 tours/mn. Un châssis constitué de deux tubes parallèles avec trois traverses de rigidification également tubulaires supporte une suspension à quatre roues indépendantes dont la conception paraît très simple ; chaque roue, en effet, est supportée par deux triangles superposés ; le triangle supérieur sert uniquement de guide, et le triangle inférieur porte un renvoi d'équerre vers le bas, sur lequel se boulonne une tige pénétrant dans la traverse du châssis ; cette tige est entourée d'un ressort à boudin et d'un tube en caoutchouc formant amortisseur, le tout enclos dans la traverse. A l'arrière, ce dispositif est doublé d'amortisseurs hydrauliques. Les freins sont des Girling à commande hydraulique.

De son côté, E. R. A. (English Racing Automobiles), qui paraît provisoirement à l'abri des difficultés financières qui mirent un moment son existence en danger, portera son effort sur le modèle 6-cylindres 1 500 cm<sup>3</sup> à double carburateur et compresseur Zoller, donnant 250 ch à 8 000 tours/mn, dont la suspension a été particulièrement étudiée (fig. 11). A l'avant, deux biellettes superposées partent vers les roues, en oblique vers l'arrière ; la biellette supérieure est reliée à un amortisseur hydraulique, et la biellette inférieure à une barre de torsion transversale logée dans la traverse avant. A l'arrière, la suspension s'effectue par deux barres de torsion longitudinales et leviers à rotules reliés à l'essieu.

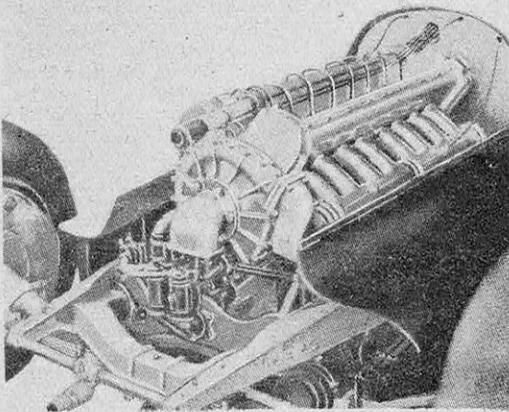


FIG. 14. — UN EXEMPLE DE COMPRESSEUR CENTRIFUGE MONTÉ A L'AVANT DU MOTEUR

Cette technique est généralisée, cette année, sur les voitures de course américaines. L'application a été faite, ici, sur un 8-cylindres en ligne, celui de la voiture du coureur Rex Mays. Suspension avant par ressorts transverses semi-elliptiques.

## L'Allemagne possède encore la 1 500 cm<sup>3</sup> Mercedes, mais... elle ne peut pas courir

De sa splendeur passée, l'Allemagne ne conserve plus qu'un modèle 1 500 cm<sup>3</sup> Mercedes, dérivé du type 3-litres de la formule internationale, et dont Caracciola a pu sauver un exemplaire, avec lequel il espérait courir à Indianapolis, lorsque l'intervention des autorités alliées vint contrecarrer ses projets. On ne sait pas encore si ce modèle courra en 1947.

Il est muni d'un 8-cylindres en V à 90 degrés disposé obliquement à l'avant du châssis, de telle sorte que l'arbre de transmission se trouve reporté sur la gauche, permettant d'asseoir le pilote très bas et légèrement sur la droite (fig. 12). Les deux rangées de cylindres sont légèrement décalées pour permettre l'insertion des têtes de bielles sur les mêmes manetons.

A l'avant, un carburateur double fournit le mélange gazeux à un compresseur Roots à basse pression. Ce mélange passe sans refroidissement dans un second compresseur accolé au premier. Celui-ci, à haute pression, déverse les gaz dans la canalisation distributrice. Avec ce compresseur à deux étages, la puissance maximum atteint 220 ch environ à 9 000 tours/mn, soit 146 ch au litre. L'élasticité est assurée à l'arrière, de part et d'autre du châssis, par une barre de torsion longitudinale extérieure au longeron. Pour corriger les variations de poids dues au délestage des réservoirs d'essence, le pilote peut, grâce à une télécommande, modifier le passage de l'huile dans les cylindres amortisseurs ; le carter des amortisseurs possède des ailettes de refroidissement. La suspension avant est du type à parallélogramme déformable. L'ensemble du châssis témoigne d'une étude très poussée au point de vue mécanique. Quant à la carrosserie, elle est analogue à celle qui équipait la 3-litres d'avant guerre (fig. 13).

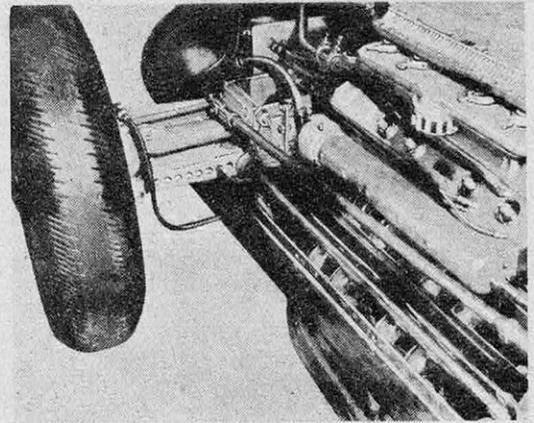


FIG. 15. — SUSPENSION AVANT DE LA NOVI GOVERNOR SPECIAL

La suspension est réalisée au moyen de bielles parallèles et de barres de torsion placées au-dessus du châssis. Cette voiture, équipée d'un 8-cylindres Winfield et pilotée par Ralph Hepburn, a remporté à Indianapolis le record du tour, à 212 km/h de moyenne.

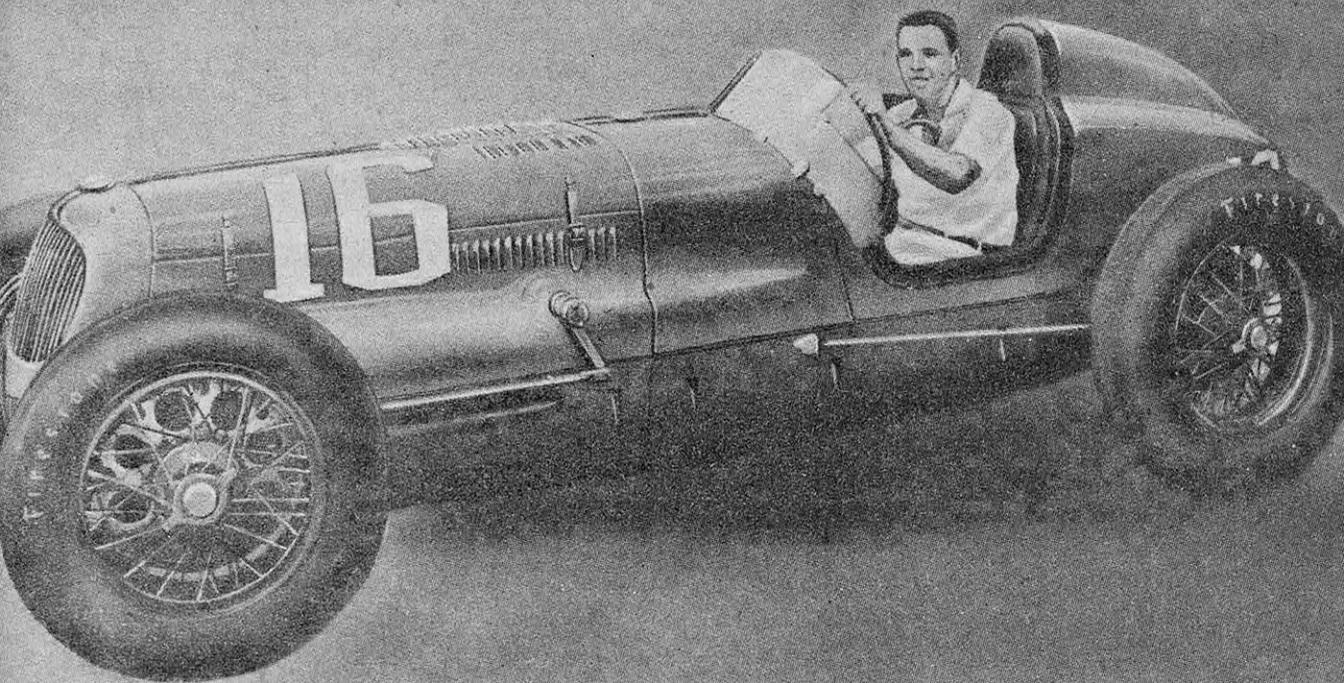


FIG. 16. — LA VOITURE GAGNANTE A INDIANAPOLIS

George Robson a enlevé la première place à Indianapolis avec cette voiture, réalisant, sur 500 milles, une moyenne de 114,820 m. p. h. (185 km/h), son tour de piste le plus rapide ayant été fait à la vitesse de 125,541 m.p.h. (202 km/h). Sa voiture est équipée d'un 6-cylindres de 3 l avec compresseur centrifuge.

### Indianapolis, banc d'essai des bolides américains

En matière de courses, la construction européenne est dominée par le fait que l'utilisation des voitures se fait, obligatoirement, sur circuits routiers. Ceux-ci présentent, a dessein, de tels accidents géographiques — on en ajoute quelquefois artificiellement sous forme de chicanes destinés à briser l'élan des voitures — que, pour se maintenir sur ces terrains, des problèmes de freinage, accélération, suspension et tenue de route ont dû prendre le pas sur celui de la puissance pure. Et ce n'est pas un paradoxe de soutenir que la meilleure voiture de course n'est pas celle dont on tire le plus de chevaux pour une cylindrée donnée.

En Amérique, rien de semblable. Jusqu'à ces dernières années, le moteur seul importait, que l'on s'efforçait de « gonfler » au maximum, fût-ce au prix de cylindrées extraordinaires et quelle que fût la valeur intrinsèque de la consommation en carburants spéciaux, qui coûtaient, du reste, fort cher. De ce fait, il n'existait pas de spécialistes de la course, et l'on ne connaissait pas de constructeurs étudiant et réalisant tout l'ensemble ; on se trouvait en présence de l'œuvre de « monteurs » plus ou moins habiles, et toutes les solutions étaient possibles, pourvu qu'elles tendissent vers de plus grandes vitesses.

C'est que, de l'autre côté de l'Atlantique, les épreuves se courent à Indianapolis, piste de vitesse destinée à provoquer chez les spectateurs des sensations inédites, et l'on se préoccupe fort peu des enseignements qui ont tant de prix en Europe après chaque saison sportive.

On pensait que le problème changerait de

face lorsqu'en 1935 l'Amérique se décida à se rallier à la formule internationale pour son grand prix, c'est-à-dire cylindrée maximum de 3 l avec compresseur, ou 4,5 l sans compresseur, et qu'on fit choix d'un circuit routier où, en 1939 et 1940, Wilbur Shaw, sur 3-litres Maserati avec moteur à longue course suralimenté, vint démontrer aux Américains, en enlevant l'épreuve, qu'ils avaient beaucoup à faire pour atteindre au stade de perfectionnement de la production européenne. Mais on revint rapidement à Indianapolis.

Parmi les huit concurrents qui terminèrent l'épreuve, sur trente-trois partants — déchet considérable qu'expliquent les conditions anormalement dures auxquelles sont soumises les voitures, — quatre furent Européens, mais les Américains enlevèrent les deux premières places, ainsi que le meilleur temps sur un tour.

Toutes les solutions possibles se heurtaient dans le lot des trente-trois compétiteurs ; c'est ainsi que l'on comptait quinze moteurs 4-cylindres, quatre 6-cylindres, deux 8-cylindres en V, onze 8-cylindres en ligne et un 16-cylindres ; quinze moteurs étaient d'une cylindrée inférieure à 3 l et surcompressés. Même diversité pour les transmissions, puisque neuf voitures — y compris le recordman du tour — faisaient appel au « tout avant » et qu'on notait même la participation d'une traction sur les quatre roues.

Une caractéristique de la technique américaine est l'emploi du compresseur centrifuge tournant à 30 000 tours/mn qui, débrayable, est lancé avant le démarrage de la voiture pour atteindre plus rapidement son régime (fig. 14).

La voiture du vainqueur était équipée d'un 6-cylindres de 3 l de cylindrée dessiné par Art Sparks dès 1938 et utilisant un compresseur

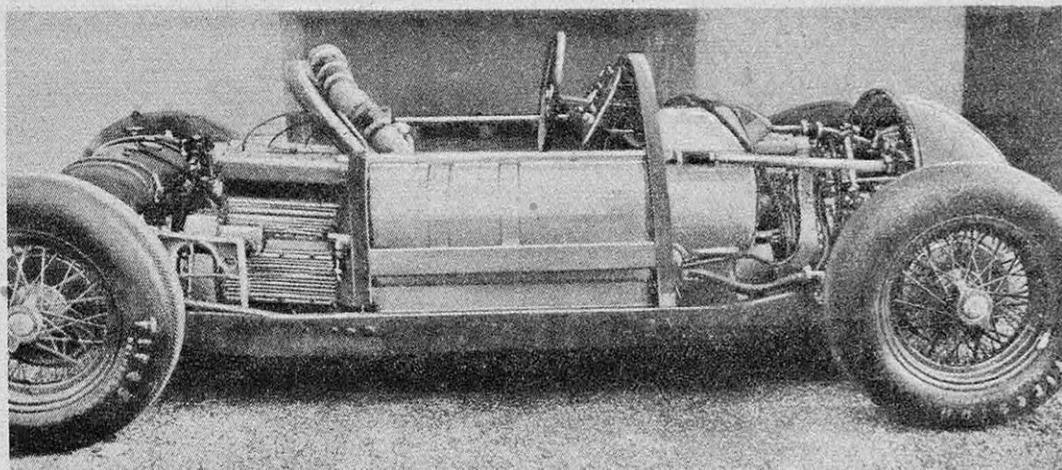


FIG. 17. — LA VOITURE FAGEOL A DEUX MOTEURS ET QUATRE ROUES MOTRICES

Cette voiture, pilotée par Paul Russo, se classa seconde dans le record du tour à Indianapolis, avec une vitesse moyenne de 126,183 m. p. h., soit 204 km/h. Elle utilise deux moteurs surcomprimés Offenhauser à quatre cylindres de 1 500 cm<sup>3</sup>, l'un attaquant les roues avant par une boîte de vitesses à deux rapports, l'autre attaquant directement les roues arrière. Les quatre roues sont indépendantes, par blocs de caoutchouc travaillant par torsion.

centrifuge (fig. 16). Le châssis de cette voiture, à roues arrière tractrices et suspension avant et arrière par ressorts demi-elliptiques transverses, est des plus classiques.

Le moteur *Offenhauser* à quatre cylindres, non suralimenté, qui gagna l'épreuve en 1939 et qui reste fidèle à la commande en tête des soupapes par double arbre à cames, conserve de nombreux partisans. Il équipe la voiture qui emporta cette année la deuxième place.

Il semble que la faveur du moteur 8-cylindres en V soit en régression ; elle était due aux efforts de quelques spécialistes à qui de nombreux concurrents faisaient appel pour l'équipement de leur châssis. Cependant, c'est un V 8 qui s'est adjugé le record du tour à plus de 212 km/h de moyenne ; il apparaîtra probablement dans les courses futures sous le patronyme *F. W. D. Winfield*. C'est un moteur à soupapes en tête commandées par double arbre à cames et remarquable par son compresseur de forte dimension du type centrifuge et placé à l'arrière, l'alimentation étant assurée par trois carburateurs ; à la sortie du compresseur, le mélange carburé passe dans un réfrigérateur qui recouvre complètement les culasses ; sa cylindrée est de 3 l, et il développe 500 ch. Il ne constitue pas une nouveauté réelle, puisqu'il avait été étudié pour la course de 1941 ; cinq ans plus tard, sa puissance avait été accrue, mais — et c'est là le danger des montages insuffisamment préparés — jamais le châssis ne permit de l'utiliser à pleine puissance. Cette fois on avait pris la peine d'étudier plus particulièrement la transmission, et l'on s'était résolu à adopter une suspension à roues avant indépendantes au moyen de bielles parallèles et de barres de torsion placées au-dessus du châssis (fig. 15). Les résultats sont encourageants et confirment la théorie de la course courte pour les pistons des moteurs suralimentés, théorie illustrée en Europe par les Maserati 3-litres de 1 500 cm<sup>3</sup> avec des moteurs « super-carrés » 78 × 78 mm. Cependant, on ne doit

pas oublier que le compresseur centrifuge n'est intéressant que sur piste, c'est-à-dire à vitesse de régime sensiblement constante ; il perd de ses qualités en circuit accidenté. En dépit d'un profilage qui aurait pu être mieux étudié, cette voiture est certainement une des plus rapides du lot des 3-litres suralimentées ; le fait qu'elle a dû se retirer à mi-course aux derniers 500 milles d'Indianapolis ne signifie rien, les soupapes ayant mal fonctionné par suite d'une résistance de ressorts de rappel mal calculée. Toutefois elle ne sera pas utilisable si la formule internationale projetée pour 1947 est adoptée.

Ce que vaut, par contre, la *Fageol* à quatre roues motrices avec ses deux moteurs surcomprimés *Offenhauser* que nous avons signalée plus haut, seul l'avenir pourra nous le montrer (fig. 17). Au point de vue technique, elle se signale par une suspension à roues indépendantes à l'avant comme à l'arrière, au moyen de blocs de caoutchouc travaillant en torsion, et sa tenue de route est excellente. Par contre, elle n'utilise que deux vitesses sur le train moteur avant, ce qui est peut-être suffisant pour la piste, mais ne conviendrait nullement pour le circuit routier, en dépit de la qualité des reprises dues aux quatre roues tractrices.

En conclusion, il paraît assez difficile de trouver de véritables indications dans l'examen des solutions proposées par l'industrie américaine. Souhaitons que l'avènement de la nouvelle formule internationale favorise une véritable politique de la course parmi les industriels d'outre-Atlantique, car, quelle que soit la virtuosité dont témoignent les « monteurs » actuels, ils ne peuvent pas prétendre à l'étude rationnelle et complète d'un ensemble aussi complexe que l'est, actuellement, une voiture de course.

Et c'est de cette incertitude de méthodes que souffre la représentation américaine, qui pourrait et qui devrait tenir sa place dans les grands prix internationaux d'Europe.

G. GEDOVIOUS.

# LES ÊTRES VIVANTS LUMINEUX

par C. PUISSÉGUR  
Agrégé de l'Université

*Les êtres vivants nous apparaissent comme de remarquables transformateurs d'énergie : les plantes vertes absorbent des radiations lumineuses et les transforment en énergie chimique utilisée pour la synthèse de leur matière vivante ; les animaux, à partir de l'énergie chimique fournie par les aliments, produisent du travail mécanique, de la chaleur, de l'électricité, de la lumière. La production de lumière se rencontre chez les représentants les plus divers et les plus éloignés du règne animal et chez quelques végétaux. Elle met, certes, en jeu un produit plein d'éclat. Elle a étonné bien des hommes, fait rêver des poètes, suscité des légendes. Elle est tantôt luxueuse inutilité, tantôt noble auxiliaire pour l'être qui la produit. Mais, malgré cette riche personnalité, elle entre naturellement dans le cycle des transformations d'énergie. Bien qu'elle n'ait pas tenté la grande foule des chercheurs, et que maints de ses aspects restent peu connus, nous savons aujourd'hui la part essentielle que prennent des diastases oxydantes dans la production de cette lumière. Ainsi, de même que la fleur cisèle sa plus magnifique corolle ou concentre son plus suave parfum en remaniant les éléments d'un sol sans beauté, de même la lumière végétale ou animale fait son spectre éclatant du jeu de banales oxydases.*

**D**ANS nos pays, par les beaux soirs d'été, la femelle du Lampyre, ou Ver luisant, allume sous son manteau de chenille négligée sa veilleuse d'opale le long des haies, des talus, des murs de la campagne. Cet insecte représente pour nous l'exemple classique de l'être vivant lumineux. Il est cependant loin d'avoir l'apanage de cette curieuse propriété ; il existe, en effet, à travers le monde, sur terre et surtout dans la mer, des espèces animales et végétales douées du pouvoir d'émettre de la lumière visible, fonction appelée par les biologistes *photogénèse* ou *actinogénèse*.

On rencontre déjà des êtres photogènes parmi les plus rudimentaires des êtres vivants, les Bactéries chez les végétaux (Photobactéries), les Protozoaires chez les animaux (Noctiluques, etc.). Parmi les végétaux pluricellulaires, on connaît quelques espèces de champignons photogènes (fig. 1). On a même signalé l'actinogénèse dans les fleurs de certaines plantes supérieures (Capucine, Euphorbe, Verveine, etc.). Mais c'est parmi les Métazoaires que se rencontrent le plus grand nombre d'espèces lumineuses dans des groupes très inégalement élevés en organisation, depuis les Béroés et certaines Méduses jusqu'à des Poissons abyssaux, en passant par des Vers, des Mollusques, des Crustacés, des Insectes, des Échinodermes et des Tuniciers (fig. 2, 3, 4 et 5). Il est remarquable de constater que, seuls parmi les Vertébrés, les Poissons, c'est-à-dire les plus primitifs d'entre eux, sont pourvus de la fonction photogène.

Les spectacles auxquels donnent lieu ces êtres vivants ont été souvent décrits avec d'enthousiastes épithètes. De fait, si certaines espèces, peu communes et de petite taille, n'impressionnent beaucoup ni nos sens ni notre imagination, il n'en est pas de même de certaines autres, comme les Noctiluques, parfois tellement abon-

dantes dans la mer qu'elles la rendent lumineuse ; les globes lumineux des Pélagies et les énormes suspensions des Cyanées sont connus des marins et des voyageurs maritimes ; ceux qui ont pu observer le fond marin ont pu y découvrir les magnifiques prairies lumineuses des Isis et des Gorgones, cousines du Corail ; les Polypiers lumineux remontés la nuit dans un chalut donnent à l'assistance, avant de mourir et de s'éteindre, un magnifique ballet lumineux, et les Pieuvres photogènes étincellent de milliers de feux multicolores et changeants.

## De la cellule photogène à l'organe complexe à lentille et miroir.

La variété des groupes auxquels appartiennent les êtres vivants lumineux explique les variations de structure de leurs appareils photogènes.

Dans le cas le plus simple, il n'existe pas d'appareil différencié. Ce sont des cellules apparemment banales qui produisent la lumière, soit isolées (Bactéries, Noctiluques), soit juxtaposées et sans localisation précise (filaments cellulaires de l'Agaric de l'Olivier, épithélium de certaines Méduses : Pélagie).

Les Bactéries photogènes se rencontrent soit en suspension dans les eaux, soit sur la vase du fond. On peut les cultiver sans difficulté sur des bouillons de culture salés. Capables de vivre sur les cadavres, elles communiquent à la viande des Poissons, des Crustacés, et même à celle de boucherie, une luminosité qui ne cesse qu'à la putréfaction. Une viande ensemencée de ces bactéries devient photogène et émet dans l'obscurité des lueurs blanches ou verdâtres. Bien mieux, ces mêmes microbes peuvent rendre lumineux des animaux vivants. Les Pucés de mer, petits Crustacés sauteurs très communs sous toutes

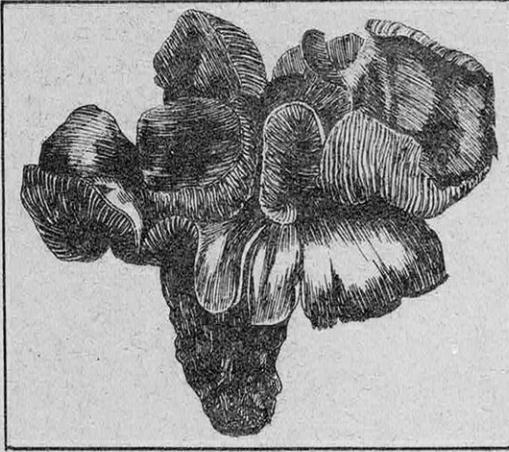


FIG. 1. — AGARIC DE L'OLIVIER

Ce Champignon est commun, en automne, dans la région méditerranéenne, au pied des oliviers. Il est surtout lumineux à la face inférieure lamelleuse de son chapeau.

les épaves et les pierres des plages, devenues lumineuses après absorption de ces bactéries, transmettent ce caractère à plusieurs générations successives.

Parfois, les cellules lumineuses épithéliales peuvent se réunir en tissus localisés en certains points déterminés du corps. C'est le cas des Béroés (fig. 2) avec leurs huit cordons lumineux, et des Polynoés (fig. 3, e) dont s'éclaire seulement la face inférieure des élytres.

Un stade de complication plus avancé est atteint lorsque les cellules lumineuses sont en relation étroite avec des cellules de nature différente, nerveuses, musculaires, etc. L'ensemble devient alors un organe lumineux proprement dit, ou *photophore*. De nombreux animaux lumineux présentent cette structure qui peut être très simple (Phyllirhoé, Pholade), moyennement compliquée (Luciole), ou atteindre une extrême complexité (Crustacés, Céphalopodes, Poissons).

Dans l'appareil lumineux des Insectes (fig. 7, B) apparaît un réflecteur qui oriente les radiations vers l'extérieur de l'organe photogène, évitant ainsi leur gaspillage à travers le corps de l'animal.

Chez certaines espèces de Crustacés, Céphalopodes et Poissons, l'appareil photogène proprement dit s'accompagne d'un appareil d'optique très perfectionné. Quoique ces espèces soient très éloignées, il existe entre leurs organes lumineux des ressemblances, des convergences curieuses, poussées très loin dans le détail. La comparaison de l'appareil lumineux du Céphalopode *Histioteuthis Ruppelli* et d'un Poisson lumineux (fig. 8, C et F) est des plus suggestives à cet égard. Cette convergence des appareils lumineux se double d'une autre, aussi intéressante, concernant les yeux du Céphalopode et du Poisson. Il est bon de souligner, chez ces animaux, la remarquable évolution parallèle des organes photogènes et des yeux.

Si des ressemblances très accusées rapprochent les organes lumineux d'espèces parfois très différentes, on constate, d'autre part, une grande

diversité de ces organes, non seulement dans des groupes différents, mais à l'intérieur d'un même groupe. Chez les Poissons, par exemple, telle espèce est lumineuse par un mucus qui se répand sur tout son corps, telle autre par des papilles ou des verrues éparses, ou par des bandes sinueuses faites de papilles agglomérées, ou par des boutons superficiels en relief ou non ; une même espèce lumineuse peut posséder plusieurs modèles de photophores (Crustacés, Poissons).

Emplacement et nombre des organes lumineux varient beaucoup suivant les formes animales. Très rarement, ils sont répandus sur la plus grande partie du corps, sinon sur le corps tout entier (Phyllirhoé, certains Céphalopodes, certains Poissons). La plupart du temps, ils se concentrent en des régions déterminées. La fantaisie semble les avoir semés sur l'animal : suivant les espèces, on en trouve sur les points les plus variés du corps : thorax et abdomen des Insectes, pourtour et environs de l'œil (Céphalopodes et Poissons), opercules, mâchoires, flancs, base de la queue, tentacules (Poissons), pattes, base des branchies, pédoncules oculaires (Crustacés). Très peu élevé chez certaines espèces, le nombre des organes lumineux peut atteindre plusieurs centaines chez d'autres. Dans certains cas, ils délimitent avec fidélité les contours de l'animal.

Plusieurs photophores peuvent se juxtaposer pour former des organes composés (Crustacés, Poissons).

Chez les animaux à métamorphoses, les photophores suivent le sort des autres organes. Ils subissent, par exemple chez le Pyrophore (fig. 4, c, et 7, A), un remaniement tant dans la forme que dans l'emplacement. La très jeune larve a un organe impair à cheval sur la tête et le thorax. Plus tard, cet organe change de forme et il se complète de points abdominaux en rangées régulières. Chez l'adulte, enfin, autre

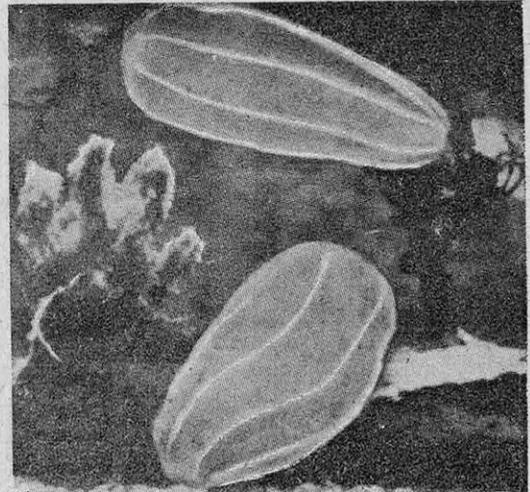


FIG. 2. — BÉROÉS

Ces animaux, communs en Méditerranée, ressemblent à des ballonnets transparents de quelques centimètres de long, flottant au gré des vagues. Ils sont munis de huit côtes longitudinales qui, sous l'influence d'un contact ou d'une excitation quelconque, sont parcourues par des courants lumineux.

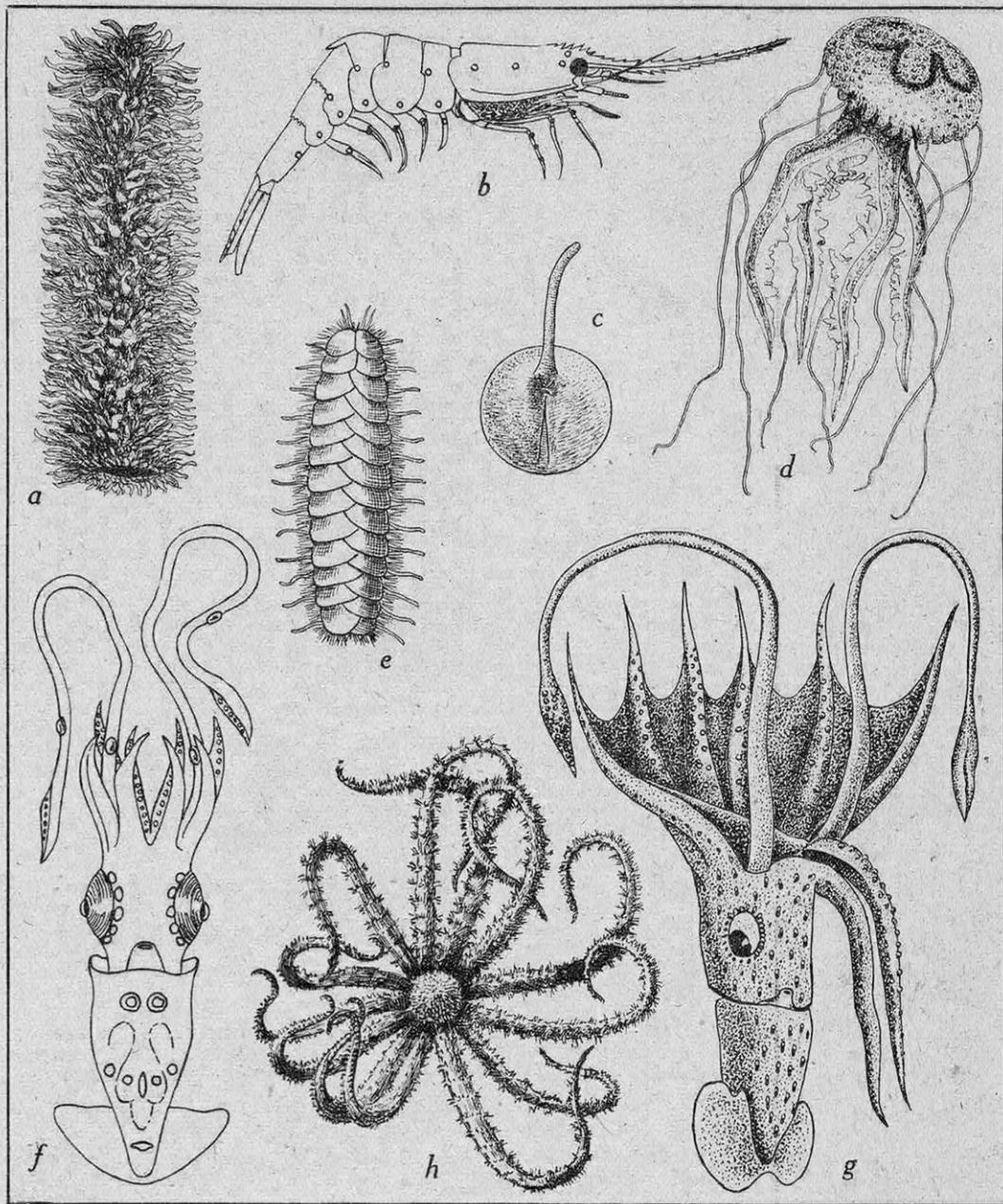


FIG. 3. — ANIMAUX MARINS LUMINEUX

a. Colonie de Pyrosomes. Ces colonies, qui, sur nos côtes, atteignent 10 cm de long, sont formées par un grand nombre d'individus de 5 mm de long, étroitement groupés en un manchon transparent flottant horizontalement. Des contractions rythmiques des individus, favorisant le déplacement, déterminent l'illumination de la colonie. Dans les mers chaudes, certaines colonies ont 2 m de long. — b. Systellaspis debile. Crevette de quelques centimètres, portant ses photophores sur le corps et les pattes. — c. Noctiluque, curieux Protozoaire, sphérique ou ovoïde, de 0,5 mm de diamètre moyen, remarquable par son sillon et surtout son flagelle doué de mouvements trop lents pour la locomotion. Répartition géographique très étendue. Sa luminosité est le fait non d'une lueur diffuse dans toute la cellule, mais de très nombreux petits points lumineux. — d. Pélagie noctiluque, Méduse très commune en Méditerranée; quatre bras buccaux élégamment festonnés, huit tentacules. Dimension de la coupe ou ombrelle: 6 cm. — e. Polynoe, curieux ver de 3 cm de long environ, vivant sur le fond ou dans les trous des rochers, où il s'introduit agilement. Corps recouvert d'écaillés imbriquées, improprement appelées élytres. C'est la partie inférieure de l'élytre qui est photogène. — f. Thaummatolampas, Calmar des eaux profondes. Organes lumineux espacés, mais abondants autour des yeux. — g. Histioteuthis, autre Calmar, de 20 cm de long environ, à nombreux photophores dispersés, très abondants aussi autour de l'œil. — h. Brisinga, Étoile de mer aux bras longs et flexibles. La lumière est émise par le disque et les bras. Diamètre total: 15-20 cm. Son nom lui vient de celui de l'éclatant bijou de Freja, déesse de la beauté et de l'amour dans la mythologie scandinave.

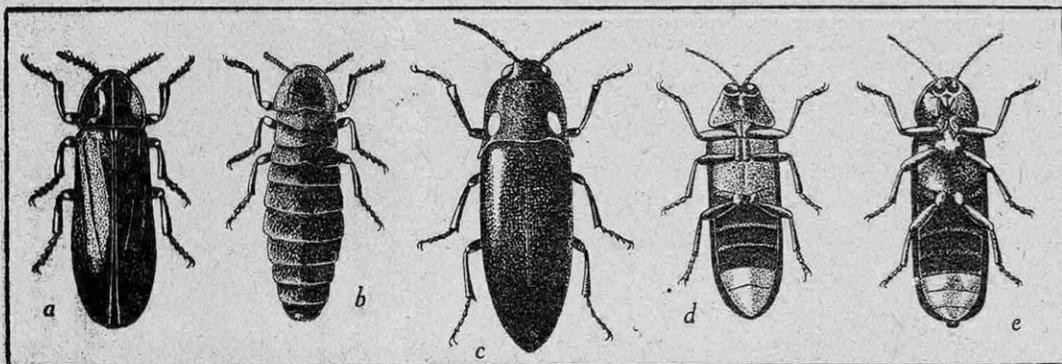


FIG. 4. — INSECTES LUMINEUX

a. *Lampyre* mâle. Ailé. Faiblement lumineux par ses deux derniers segments abdominaux. Taille: 11-13 mm. — b. *Lampyre* femelle. Aptère, larviforme. Très lumineuse par ses trois derniers segments abdominaux. — c. *Pyrophore noctilugue*. Coléoptère sud-américain, crépusculaire et nocturne, à livrée brune. Longueur: 4 cm environ. Trois photophores, deux sur le thorax, et un ventral, sur le premier segment abdominal (non visible sur la figure). L'organe abdominal émet une lueur plus intense que celle des deux organes thoraciques réunis. — d. Luciole mâle (face ventrale). La lumière est produite au niveau des deux derniers segments abdominaux. — e. Luciole femelle. Quoique ailée, elle attend le mâle sur le sol ou les feuilles. La lumière est émise par les deux avant-derniers segments abdominaux. Les Lucioles, dont la taille est de 1 cm, sont exclusivement méridionales. On en trouve dans l'extrême-midi de la France.

disposition : deux organes thoraciques séparés, ovales ou arrondis, et un organe ventral, au milieu du premier segment abdominal.

Il est intéressant, enfin, de signaler la luminosité de l'œuf de certains animaux photogènes (*Béroé*, *Pyrophore*, *Lampyre*). Les œufs du *Ver luisant* sont déjà lumineux dans les ovaires maternels. Cet insecte est donc lumineux à tous les stades de son développement.

#### La production de lumière

En 1667, R. Boyle, faisant redevenir lumineux en les humidifiant des fragments desséchés de *Lampyres*, montre que la photogénèse de ces animaux n'est pas liée à la vie.

Deux cent vingt ans plus tard, Raphaël Dubois, dont le nom reste attaché à l'étude des animaux lumineux, montre que l'activité des organes photogènes est liée non à la vie des cellules, mais à des substances chimiques qu'elles contiennent. La filtration d'organes lumineux broyés, extirpés à des animaux morts, donne un liquide lumineux. Un *Pyrophore*, tué à  $-100^{\circ}$ , est lumineux au sortir du tube d'expérience; il l'est aussi pendant plusieurs heures s'il a été tué à l'électricité.

R. Dubois sépare dans le filtrat du mucus de la *Pholade* deux substances réagissant l'une sur l'autre en donnant de la lumière :

La *luciférine*, composé quaternaire, voisine de l'albumine, susceptible de s'oxyder;

La *luciférase*, diastase du groupe des peroxydases.

A l'air, une solution de luciférine seule s'oxyde, mais trop lentement pour donner de la lumière. Mais il suffit d'ajouter une très petite quantité de luciférase à la solution pour que la lumière apparaisse. C'est bien un phénomène diastatique, car l'ébullition de la solution lumineuse éteint la lumière, exactement de la même façon qu'elle arrête les digestions artificielles. C'est bien, d'autre part, un phénomène d'oxydation puisqu'on peut remplacer la luciférine par un oxydant très énergique, le permanganate de potassium par exemple, et aboutir au même résultat.

Ces premières études ont été étendues par la suite, soit par R. Dubois lui-même, soit par d'autres biologistes, surtout Newton Harvey, à d'autres êtres vivants. En particulier de nombreuses expériences ont été réalisées sur les insectes lumineux. On a ainsi mis en évidence la non-spécificité de la luciférase, qui peut réagir sur diverses luciférines appartenant à des espèces voisines. La diastase détermine la coloration de la lumière émise. L'expérience suivante, sur des *Vers luisants* américains de deux genres voisins, *Photinus* et *Photuris*, le montre bien :

Luciférine de *Photinus* + luciférase de *Photinus* = lumière rouge;

Luciférine de *Photuris* + luciférase de *Photinus* = lumière rouge;

Luciférine de *Photinus* + luciférase de *Photuris* = lumière jaune;

Luciférine de *Photuris* + luciférase de *Photuris* = lumière jaune.

Ainsi, par une « oxyluminescence », des cellules sont capables de produire de la lumière. Chez beaucoup d'animaux, ces cellules produisent un mucus éclairant qui, dans les cas les plus primitifs, se répand à l'extérieur de l'organe par un canal d'évacuation (fig. 8, A, E); au contraire, dans les cas les plus évolués, l'organe est une glande close, n'ayant plus de communication directe avec l'extérieur (fig. 8, B, C, D, F). La lumière émise par les cellules se répand dans toutes les directions, traversant plus ou moins profondément les tissus eux-mêmes, mais, dans les organes les plus perfectionnés, elle est orientée vers l'extérieur du corps par la couche de pigment opaque qui empêche les rayons de se perdre à l'intérieur du corps, par le réflecteur qui les renvoie vers la lentille biconvexe, laquelle les condense et les projette vers l'extérieur. Le réflecteur externe joue le rôle du miroir concave d'une lampe à pétrole. La peau, transparente comme celle de la cornée de l'œil et la conjonctive, permet le passage de la lumière. Un organe photogène complexe fonctionne donc comme un œil à rebours. Le rapprochement entre œil et photophore prend un intérêt tout particulier

chez certains Crustacés (*Mysis*) où l'œil, bivalent, fonctionne comme appareil photogène et comme appareil visuel, comme émetteur et comme récepteur.

Pour certains biologistes, le phénomène de la production de lumière visible par certains êtres vivants ne serait qu'un cas particulier de l'émission de radiations lumineuses invisibles par la plupart des êtres vivants. L'utilisation de compteurs photoélectriques très sensibles a amené

la découverte de réactions chimiques nombreuses émettant des radiations ultraviolettes, invisibles pour notre œil. Cette découverte a conduit Gurwitsch à penser que la plupart des tissus émettent des rayons ultraviolets. Certains auteurs voient dans une exaltation de ce phénomène la cause possible de l'émission de radiations visibles pour nous. Fort critiquée, cette hypothèse peut s'appuyer sur quelques cas observés de rayonnement ultra-

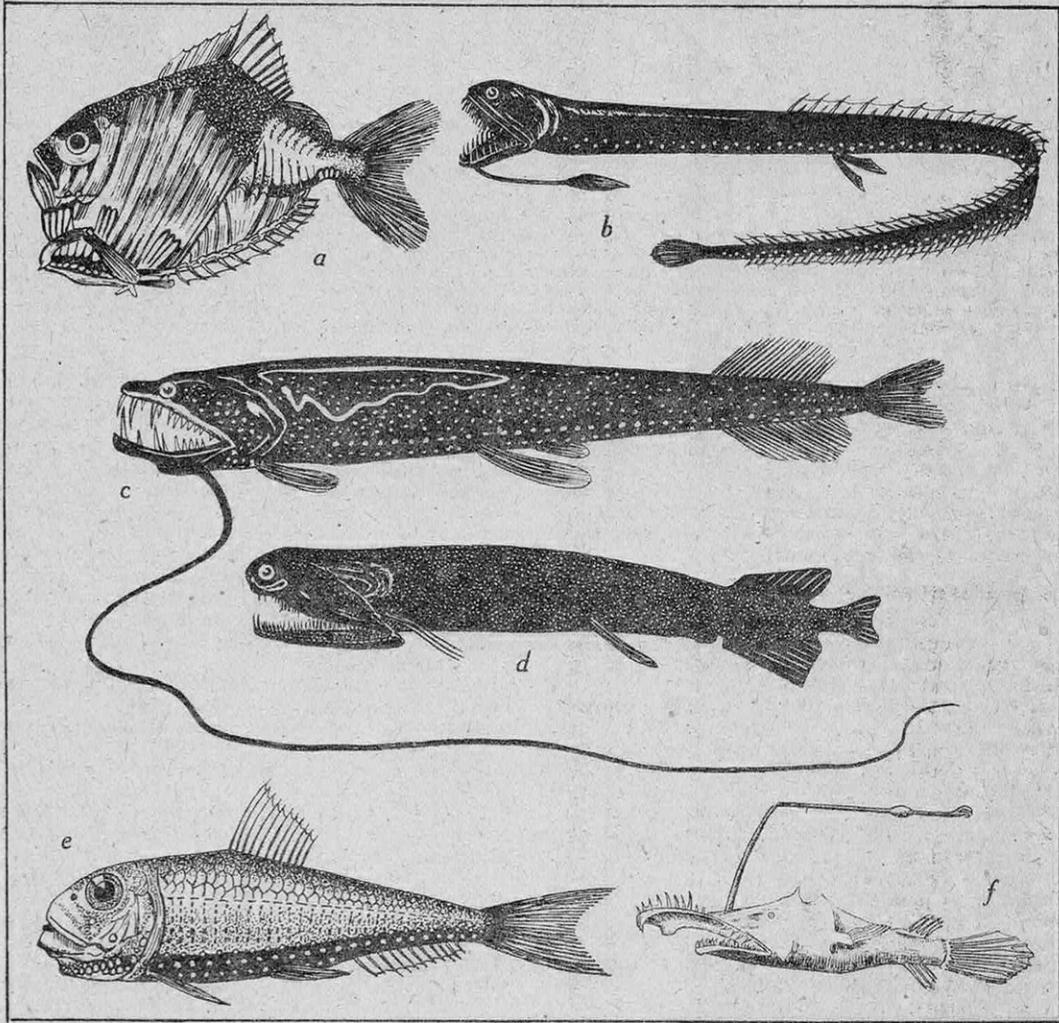


FIG. 5. — POISSONS ABYSSAUX LUMINEUX

Ces Poissons présentent des formes très différentes, normales, trapues, et surtout très allongées, avec parfois développement extraordinaire d'appendices sensibles pouvant servir de leurres pour la pêche. Chez tous, la tête est grosse, puissante, munie presque toujours de redoutables mâchoires armées de nombreuses dents très pointues. De façon très générale, ces poissons sont de toute petite taille (quelques centimètres, rarement quelques décimètres). — a. *Sternoptyx diaphana*. Corps élargi, semé de petites rangées de photophores sous l'œil et la mandibule, sur les flancs, à la base de la queue. — b. *Idiacanthus fasciola*. Corps anguilliforme. Deux rangées latérales de photophores. — c. *Lamprocyttus flabellibarba*. Photophores en rangées rectilignes sur les flancs, dispersés sur toute la surface du corps et formant en arrière de l'opercule une curieuse bande sinueuse. — d. *Malacosteus niger*. Capturé à 2 200 m de profondeur, près des Açores. Articulation de la mâchoire reportée très en arrière, rappelant celle des serpents. Elle permet l'ouverture d'une bouche démesurément grande. Nombreux photophores piquetant tout le corps. Deux gros photophores différemment colorés près de l'œil. — e. *Ichthyococcus ovatus*. Un des moins déformés parmi les poissons abyssaux. Photophores en rangées latérales, sous l'œil et dans la région operculaire. — f. *Lasiogobius saccostoma*. Gueule énorme à dents pointues. Un long tentacule terminé par un hameçon de crochets et muni d'un étrange renflement lumineux.

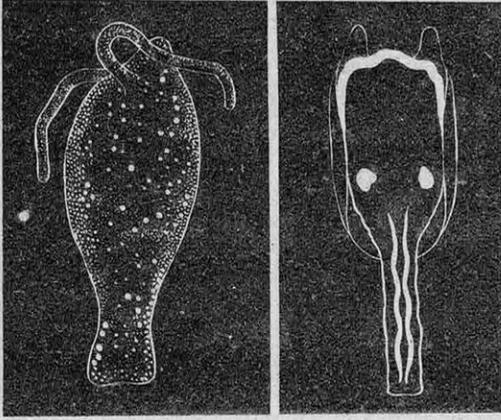


FIG. 6. — PHOTOGÉNÈSE CHEZ LES MOLLUSQUES

A gauche : *Phyllirhoë*, mollusque sans coquille de l'Atlantique, de la Méditerranée et du Pacifique, dont l'émission de lumière a été stimulée par l'ammoniaque. Les photophores, d'organisation rudimentaire, parsèment le corps de petits globules ou points lumineux. — A droite : *Pholade dactyle*, mollusque bivalve commun sur nos côtes, où il creuse des trous dans le sable, le bois, et surtout les rochers. Son appareil lumineux forme 3 cordons et 2 taches, jaunâtres. Les cellules photogènes, en forme de cornet, ciliées, en relation avec des fibres musculaires et nerveuses, produisent un mucus lumineux même en dehors de l'animal.

violet animal. En tout cas, on n'a pu mettre en évidence aucune émission dans l'infrarouge ou l'ultraviolet chez les Vers luisants.

### Les organes lumineux doivent-ils leur lumière à des bactéries symbiotiques photogènes ?

La symbiose, association durable et à bénéfices réciproques entre deux êtres vivants, se rencontre, à des degrés divers, chez les végétaux et les animaux. Qu'il suffise de rappeler celle de certaines Hydres et de certains Vers d'eau douce avec des Algues vertes microscopiques, les Zoochlorelles, celle des microbes des nodosités des Légumineuses, et celle bien plus connue des Lichens, formés d'une Algue et d'un Champignon associés.

Piéranconi, découvrant qu'un petit Ver de terre lumineux, le *Microscolex phosphoreus*, est infesté de Bactéries photogènes, et retrouvant dans le mucus lumineux des photophores de Céphalopodes des Bactéries analogues, susceptibles d'être cultivées, pense qu'il y a là une symbiose entre Bactéries et cellules de l'organe lumineux. Des Bactéries ont également été rencontrées dans les organes lumineux des Pyrosomes (fig. 9) et des Poissons. On observe dans les cellules photogènes des Vers luisants des granulations, mais leur nature bactérienne n'a pu être prouvée. De nouvelles recherches semblent nécessaires pour résoudre définitivement la question soulevée par Piéranconi.

### Conditions de fonctionnement de l'appareil lumineux

S'il semble démontré que, dans tous les cas, l'appareil lumineux fonctionne par oxydation diastasique de la luciférine, cependant, dans

toute la série des êtres vivants, ses conditions de fonctionnement sont fort variables.

En premier lieu, la luminosité peut ne se produire qu'à l'obscurité : les Béroés, les Noctiluques ne s'illuminent qu'après un séjour à l'obscurité d'un quart d'heure à une demi-heure ; chez eux, la lumière éteint la lumière. L'action de la lumière s'exerce chez les insectes par l'intermédiaire du système nerveux. L'éclairement de la tête seule de Luciole arrête immédiatement la photogénèse. Dans la majorité des cas, la luminosité est aussi bien diurne que nocturne. On peut d'ailleurs rendre, de jour, lumineuse une espèce qui ne l'est qu'à l'obscurité en la soumettant à l'action d'excitants divers. Le Pyrophore, sous l'influence du contact, du courant électrique ou de l'élévation de la température, devient lumineux de jour.

L'oxygène est indispensable au phénomène. Un Agaric de l'Olivier mis dans de l'eau bouillie n'est pas lumineux ; il l'est dans de l'eau ordinaire. On arrête la luminosité d'une Pholade en la plaçant dans un flacon de gaz carbonique. On la fait reparaitre dans une atmosphère d'oxygène. Il semble toutefois que la pression d'oxygène indispensable soit très faible : environ 3 mm de mercure pour les Coléoptères.

La température exerce son action sur l'actinogénèse : la chaleur amène l'émission de lumière chez la Pholade, le Pyrosome, le Phyllirhoë. Mais l'excès de température arrête le phénomène : un Pyrosome s'éteint à 60°, un Phyllirhoë à 61°. Il existe des températures optimales, entre 6° et 10° pour le *Bacillus phosphoreus*, entre 20° et 25° pour un Pyrophore. Enfin, les basses températures semblent avoir moins d'influence sur le phénomène : les microbes photogènes rendent la glace lumineuse, un Pyrophore est encore brillant à -100°.

Agents mécaniques et chimiques ont aussi une influence importante : les contacts, les chocs, l'agitation du milieu amènent la photogénèse ou en augmentent l'intensité. Les Noctiluques s'illuminent sous l'effet de l'ébranlement causé par les vagues. De l'eau de mer en contenant, versée d'assez haut sur le sable, ressemble à de l'argent fondu. La portion de rivage abandon-

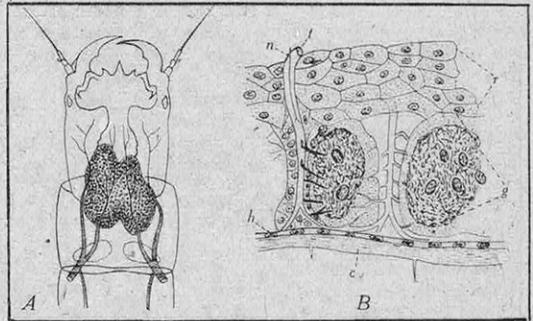


FIG. 7. — ORGANES LUMINEUX D'INSECTES

A. Organe photogène de la larve de *Pyrophore noctiluque* à l'éclosion. On voit les rapports de l'organe unique et du réseau trachéen. — B. Organe photogène de *Luciole* : g, glande photogène, à cellules remplies de granulations ; r, réflecteur à plusieurs couches de cellules, réfléchissant la lumière vers l'extérieur de l'animal (en bas dans la figure) ; t, trachée très ramifiée amenant l'air ; n, nerf ; h, hypoderme.

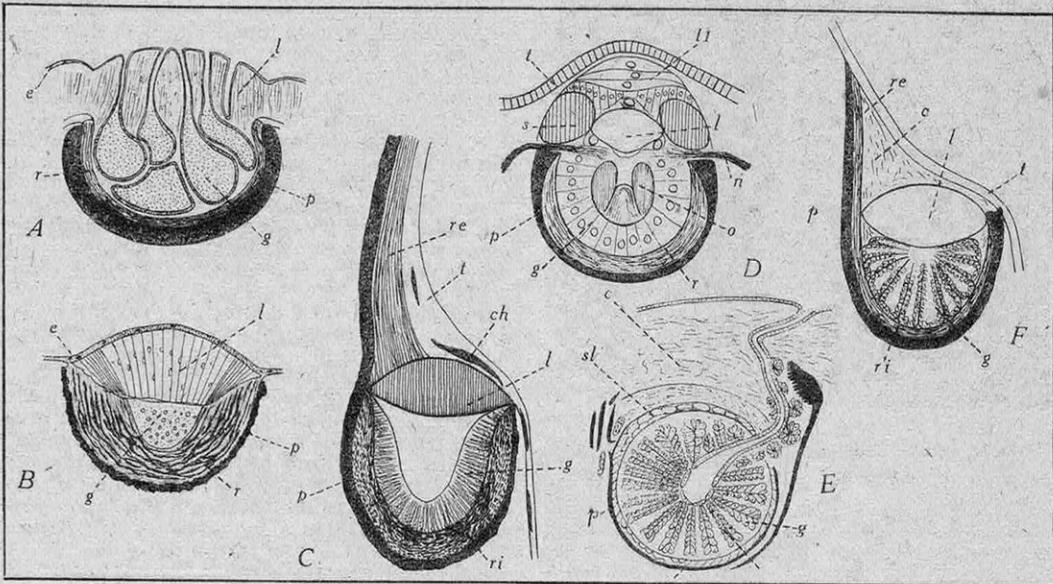


FIG. 8. — ORGANES LUMINEUX A APPAREILS D'OPTIQUE

A. *Rondetia minor* (Céphalopodes); — B. *Charybditheuthis maculata* (Céphalopodes); — C. *Histiotheuthis Ruppelli* (Céphalopodes); — D. Crustacé; — E. *Gonostoma* (Poisson); — F. Autre poisson abyssal; c, tissu conjonctif transparent; ch, chromatophore; e, épiderme; q, cellules photogènes; l, lentille; l<sub>s</sub>, lentille superficielle; n, nerfs; o, corps strié interne; p, écran pigmenté entourant les cellules photogènes; r, réflecteur; re, réflecteur externe; ri, réflecteur interne; s, corps strié annulaire; sl, substance réfringente comparée à une lentille; t, peau. Les photophores des Céphalopodes montrent, de haut en bas, leur différenciation et leur complication croissantes. En A, le produit lumineux issu de la glande g peut s'écouler au dehors. En B, l'organe est clos, la lentille mieux individualisée. En C, la structure est plus complexe encore par la présence de deux réflecteurs. Remarquer les chromatophores ch, dont la mobilité concourt au changement de coloration de la lumière. Le photophore thoracique d'un Crustacé, tout en gardant en gros le schéma anatomique précédent, s'en écarte par des caractères de complication (deux lentilles, deux corps striés). On retrouve enfin, chez les photophores de Poissons, l'évolution déjà rencontrée chez ceux de Céphalopodes, depuis le type primitif (E), où la glande photogène est ouverte, jusqu'au type le plus spécialisé (F), où la structure est remarquablement comparable à celle de C.

née par les vagues chargées de myriades de ces animaux, d'abord sans luminosité, fourmille d'étincelles sous les pas du promeneur. L'électricité agit de façon analogue chez la Pholade, le Pyrophore. Chez ce dernier même, il existe une intéressante analogie entre les réactions d'un photophore et celles d'un muscle sous l'effet du courant continu : dans les deux cas, on enregistre une réponse à la fermeture et une autre à l'ouverture du circuit.

L'eau douce, l'ammoniaque stimulent le phénomène chez les animaux marins. L'alcool détermine d'abord une excitation superficielle se traduisant par une recrudescence de la luminosité, mais ensuite, après sa pénétration, il coagule la luciférase et abolit définitivement l'émission de lumière.

**Propriétés de la lumière émise**

Elle est de coloration très variable : blanche chez l'Agaric de l'Olivier, les Lombrics, bleu clair chez les Pyrosomes, azurée chez les Phyllirhoé, verdâtre

chez la Cyanée, le Lampyre, le *Bacillus phosphorescens*. Elle varie du rouge au violet, embrassant tout le spectre visible, chez les Lampyrides et Élatérides.

Elle peut, du reste, se modifier non seulement d'une espèce à l'autre, mais parfois, chez la même espèce, avec les divers individus. Les Gorgones virent rapidement du rouge au pourpre et au bleu ; de fortes secousses font tourner au blanc la lumière bleu clair des Noctiluques à peine agitées ; la larve du Pyrophore émet une lueur bleuâtre, alors que celle de l'insecte parfait est verdâtre. Une même espèce peut porter des photophores de couleurs différentes. Chez le Coléoptère Phengodes, la partie antérieure du corps est éclairée en rouge, les côtés en vert. Le Poisson *Malacosteus* (fig. 5, d) présente près de l'œil un gros photophore à feu rouge et, plus en arrière, un petit photophore à feu vert. La modification de la couleur de la lumière peut être due à l'interposition de chromatophores diversément colorés entre la source lumineuse et l'extérieur, comme les verres de couleur

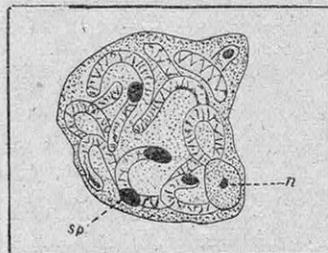


FIG. 9. — UNE CELLULE LUMINEUSE (MYCÉTOCYTE) DE PYROSOME CONTENANT DES BACTÉRIES LUMINEUSES SYMBIOTIQUES

On aperçoit plusieurs Bactéries en forme de boudins; n, noyau de la cellule; sp, spores des Bactéries.

dans les projecteurs de théâtre (fig. 8, G).

En général, la lumière émise par les êtres vivants est caractérisée par la très grande brièveté de son spectre : par exemple, chez le Lampyre, elle est comprise entre les longueurs d'onde 0,518  $\mu$  et 0,656  $\mu$ , ce qui la situe entre le vert et le rouge.

La lumière des Lampyres n'est pas polarisée. Elle agit comme la lumière naturelle en déclenchant tactismes et tropismes, en déterminant l'assimilation chlorophyllienne des plantes.

Enfin, l'intensité de la lumière des êtres vivants est, en général, faible. Les résultats varient avec les auteurs. Le Pyrophore étant le plus lumineux des Insectes, il faudrait, pour éclairer autant qu'avec une bougie, en prendre trente huit d'après R. Dubois, et plus de trois cent d'après les plus récentes recherches de N. Harvey.

### La lumière des êtres vivants a-t-elle un rôle utile ?

De nombreuses interprétations ont été données de son rôle. Suivant les auteurs, elle servirait à se reconnaître entre individus de même espèce, à distinguer les objets, en particulier les proies, à attirer celles-ci par des pièges-appâts, à échapper aux dangers, à effrayer les ennemis, à rapprocher les sexes.

Beaucoup de ces interprétations conférant une utilité précise au phénomène photogénique ne semblent que des manifestations d'anthropocentrisme. D'abord, avec nos moyens actuels, même avec la bathysphère de W. Beebe, qui permet l'exploration sous-marine jusqu'à près de 1 000 m de profondeur, mais dont l'usage n'est pas assez répandu, il est difficile de contrôler avec rigueur ces interprétations ; nous ignorons absolument de quelle utilité peut être pour un organisme aussi rudimentaire qu'une Bactérie, qui absorbe sa nourriture par toute la surface de son corps, la fonction photogène ; nous ne savons pas davantage si les Poissons d'une espèce déterminée se reconnaissent, dans les abysses, un peu comme dans les gares les cheminots effectuant les manœuvres, lanternes colorées à la main ; nous ignorons totalement si, dans ces abysses, où la lutte pour la vie est sans merci, puisqu'il n'y a que des carnivores, les animaux photogènes peuvent volontairement et instantanément éteindre et allumer leurs lumières ; nous ne savons pas non plus si certains animaux, attirés par les appareils lumineux comme des papillons par les lampes, deviennent des proies si faciles. Mais nous sommes obligés de convenir que les animaux non lumineux de même espèce se reconnaissent et se réunissent aussi aisément que les lumineux ; dans les grands fonds, les poissons obscurs semblent lutter pour la vie avec autant de succès que les autres, puisqu'on n'y connaît qu'un quart environ d'espèces lumineuses.

Tout en reconnaissant notre ignorance presque totale sur l'utilité des organes lumineux, il convient de noter les rapports étroits existant chez certaines espèces animales entre les phénomènes de reproduction et la photogénèse. En particulier, des observations ont montré que la lumière de certains Lombrics était ou bien localisée, ou bien plus intense au niveau de leur ceinture

génitale, et que, dans le premier cas, elle cessait après l'accouplement. Mais c'est surtout chez les Coléoptères lumineux que ces rapports entre actinogénèse et sexualité ont été démontrés avec précision. Beaucoup d'espèces de Lampyres effectuent des « ballets lumineux » (Paulian). Les mâles, ailés, lancent des lueurs intermittentes, auxquelles les femelles, généralement aptères et larviformes, répondent synchroniquement. Le mâle, mais non la femelle, se laisserait tromper par la substitution à la lumière de l'autre sexe d'une lumière artificielle analogue. Les lueurs roulantes des mâles et des femelles se répondent très exactement chez chaque espèce. Leur durée et leur intensité varient d'une espèce à l'autre. Les graphiques des lueurs des deux sexes permettent, au premier coup d'œil, de déterminer à quelle espèce on a affaire. Dans tous ces exemples, la lumière produite sert évidemment à la réunion des mâles et des femelles. D'autre part, R. Dubois a démontré que le Pyrophore se guide grâce à sa propre lumière. Ce sont les seuls cas où on puisse assigner avec certitude à la photogénèse un rôle utile bien défini.

### La lumière des êtres vivants est-elle susceptible d'applications pratiques ?

D'après Oviedo y Valdes, navigateur du xvi<sup>e</sup> siècle, certaines peuplades étrangères (Indiens et Haïtiens en particulier) utilisaient sous le nom de *Cocujos* les Pyrophores lumineux pour s'éclairer, en les mettant dans des cages, en les suspendant enfilés à leurs huttes, ou, en temps de guerre, à leur tête et à leur cou.

On a raconté plus tard que les Indiens employaient ces mêmes insectes comme appâts pour la pêche, pour éloigner les moustiques, et que les femmes indigènes ornent leurs vêtements ou leurs chevelures de ces Pyrophores, les utilisant sous forme de colliers ou de boucles d'oreille.

Plus près de nous, et relevant de la rigueur scientifique et non de l'imagination plus ou moins enflammée d'un ancien navigateur, nous relevons que R. Dubois a réalisé des photographies d'un buste de Cl. Bernard avec la lumière du Pyrophore, et que le même biologiste, à l'exposition de 1900, a suffisamment éclairé une salle pour permettre la lecture en enduisant de Bactéries lumineuses l'intérieur de grands ballons de verre.

Il ne semble donc pas qu'en dehors de quelques manifestations de curiosité, la photogénèse des êtres vivants soit actuellement susceptible d'applications pratiques, bien que certains aient pensé qu'elle pourrait être utilisée avec succès dans les mines dangereuses.

A côté de ces connaissances positives qu'ils nous présentent, ces êtres nous posent bien des questions non encore résolues : la lumière des êtres vivants n'est-elle, comme la chaleur, qu'un déchet du métabolisme ? La lumière est-elle, comme le prétendent certains, une faculté reliquée, autrefois florissante chez les êtres vivants, progressivement disparue à la suite des désavantages qu'elle procurait dans la lutte pour la vie ? Autant de points d'interrogation qui subsistent. L'évolution aussi a ses raisons que la raison ne connaît pas.

C. PUISSÉGUR.

# LE DRAGAGE DES MINES SOUS-MARINES

par R. LEPRÊTRE

**A**u cours de la dernière guerre mondiale, les Alliés aussi bien que les forces de l'Axe ont mouillé un nombre considérable de mines sous-marines. Dans la réalisation de ces engins, les techniciens ont déployé pendant cinq ans des efforts d'imagination extraordinaires s'ingéniant à varier leurs principes de fonctionnement et à perfectionner et à compliquer sans cesse leurs mécanismes (1). Cette complexité et ces perfectionnements avaient surtout, pour objet de rendre les mines indragables ; comme pour toute arme, il s'agissait de la perfectionner dans le sens de ce qu'on pourrait appeler la « contre-défensive ». Or le dragage a fait, de son côté, des progrès tels qu'il existe en principe peu de types de mines capables de résister à son action. Mais les difficultés rencontrées dans le dragage sont énormes, et bien que, la paix revenue, il soit maintenant possible de l'entreprendre systématiquement à l'aide du matériel le plus approprié à cette tâche, il ne faut pas se dissimuler que les mines mouillées sur nos côtes tant par les Alliés que par les Allemands mettront en danger la navigation pendant longtemps encore.

**L**a toute première phase de la lutte contre les mines sous-marines de blocus, pendant la guerre, consiste à compliquer la tâche des mouilleurs de mines. Une surveillance active des zones menacées permettra la plupart du temps de déceler leur présence dans les eaux côtières ; cette surveillance sera exercée de jour par avions ou bâtiments de surface, de nuit par procédés microphoniques ou par « boucles » (2). D'autres précautions peuvent être prises : extinction des phares ou limitation en azimut de leurs secteurs, établissement de filets, de barrages, de ballons captifs, etc.

La surveillance continue ainsi exercée peut donner des renseignements importants sur le nombre de mines mouillées et la position des mouillages. Elle guidera par la suite les opérations de nettoyage des eaux côtières, c'est-à-dire le dragage des mines sous-marines.

Les dragages doivent être envisagés d'un point de vue différent suivant que l'on est en période de guerre ou en période de paix.

En période de guerre, on a la plupart du temps à agir vite et les dragages se bornent presque toujours à des dragages d'exploration et de protection.

Les dragages d'exploration sont destinés à déceler la présence éventuelle de mines dans les eaux suspectes. On effectue alors des dragages partiels. Les dragages de protection ont pour but d'assainir pendant un temps les eaux où doivent

naviguer des forces navales. Ils sont confiés à des bâtiments rapides précédant la formation.

En période de paix, le problème est différent, car on est relativement moins pressé par le temps et, par suite, on peut se permettre de faire un travail définitif et présentant une garantie plus grande que les dragages exécutés en temps de guerre. Ces dragages sont des dragages de déblaiement, de vérification ou d'entretien.

Si l'on considère maintenant les mines elles-mêmes, on est amené à distinguer deux genres bien différents de dragage : contre les mines à orin (1) et contre les mines de fond.

## Le dragage des mines à orin

Jusqu'en 1939, il n'existait pour ainsi dire, au point de vue dragage, que des mines à orin à contact (2). Depuis 1939, il existe quelques types de mines à orin à influence. Dans les deux cas, le procédé de dragage employé jusqu'à maintenant consiste à faire naviguer sous l'eau un filin d'acier qui coupe les orins et libère la mine ; celle-ci remontant à la surface est coulée par le tir d'armes à feu (3). L'un des premiers matériels employés consistait en un filin remorqué par deux dragueurs. L'inconvénient de cette drague est que les deux bâtiments remorqueurs ne sont pas protégés ; ils risquent de heurter une mine, puisqu'ils naviguent dans des eaux dangereuses.

(1) Une mine à orin est maintenue en place par un « crapaud » qui repose sur le fond et flotte entre deux eaux à l'extrémité d'un filin de longueur convenable, l'orin.

(2) Une mine à contact détone lorsqu'elle est heurtée par la coque du navire. Une mine à influence est mise en action par le passage à distance du navire ; cette mine peut être magnétique, acoustique, à dépression, etc.

(3) Il existe des engins de contre-dragage que l'ennemi mouille dans les champs de mines et qui sont constitués par des flotteurs retenus au fond par des orins munis de cisailles destinées à couper le fil de drague.

(1) Voir : « Les mines sous-marines, diaboliques chefs-d'œuvre de la technique moderne » (Science et Vie, n° 344, mai 1946).

(2) Les microphones utilisés dans la défense côtière sont mouillés à quelques kilomètres des côtes, généralement dans des zones très fréquentées telles que les ports ; les postes d'écoute sont à terre. Les « boucles » (loop, en anglais) sont des circuits fermés constitués par des câbles mouillés près des côtes ; tout navire s'approchant provoque une variation de champ magnétique qui est décelée à terre.

Plus tard, un matériel permettant une protection meilleure des dragueurs fut employé et est encore employé couramment de nos jours, il s'agit de la *drague divergente* dite *Oropesa*. Issue de la drague de 1914 de l'amiral Ronarch, cette drague ne nécessite qu'un seul dragueur. Celui-ci remorque un filin qui navigue sous l'eau à une profondeur déterminée, grâce à un *panneau de plongée* ou *plongeur*, et avec une courbure dans un plan horizontal suffisante pour *crocher* les orins de mine (fig. 1). L'avantage de cette drague est que l'on peut opérer le dragage de façon à donner au bâtiment une sécurité théoriquement complète, en procédant par *coups de rabots* successifs de façon que le dragueur se trouve toujours dans une zone non dangereuse ou déjà draguée (fig. 4).

tiques et les *dragues acoustiques*. Mais, dans ce classement, on peut faire des sous-catégories. C'est ainsi qu'il existe des dragues magnétiques plus spécialement inventées pour faire sauter les mines sensibles au champ vertical (dragues anglaises contre mines allemandes) et des dragues magnétiques plus spécialement destinées à faire sauter les mines sensibles au champ horizontal (dragues allemandes contre mines anglaises). Enfin, il existe des dragues acoustiques ordinaires, des dragues acoustiques contre mines « coriaces », etc.

### Les dragues magnétiques de 1939-1940

L'ancêtre de la drague magnétique, celle qui a constitué la première parade contre les mines magnétiques en 1939 et dont les premiers essais

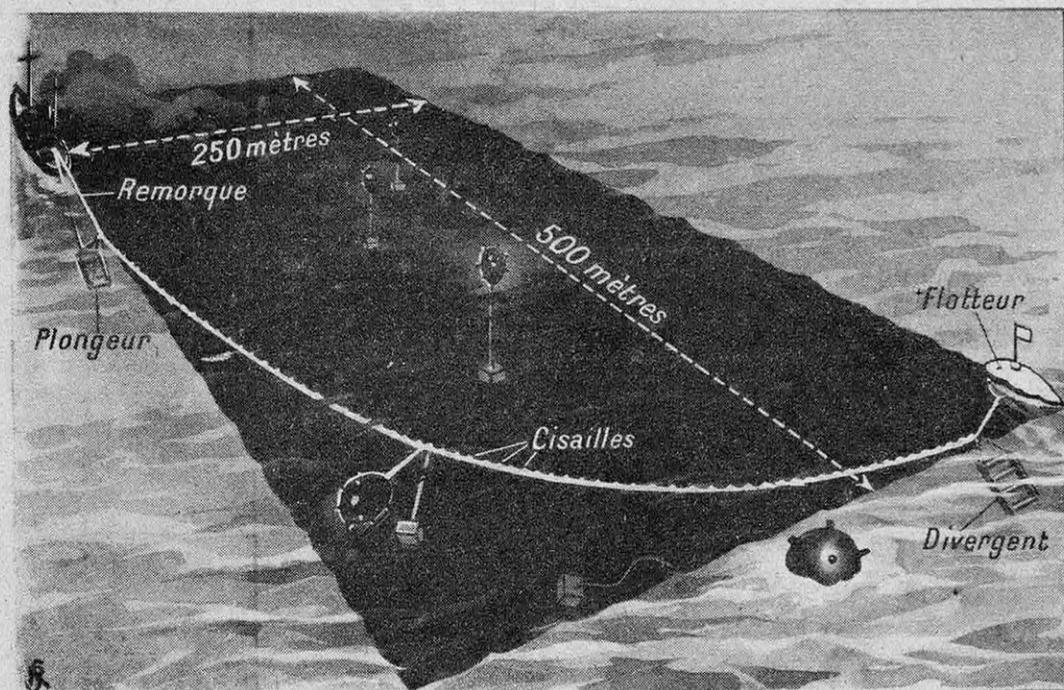


FIG. 1. — UNE DRAGUE DIVERGENTE EN ACTION

Le filin de drague est maintenu à l'immersion voulue, supérieure à celle des mines, et déporté à son extrémité par un « plongeur » et un « divergent » constitués tous deux par un assemblage de planches obliques. Quand un orin de mine est rencontré, ce dernier glisse contre le filin jusqu'à ce qu'il rencontre une des cisailles tranchantes dont le filin est muni. L'orin est alors sectionné et la mine remonte à la surface où elle peut être détruite. On utilise des cisailles statiques, c'est-à-dire coupantes, ou des cisailles explosives.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les dragages des mines à orin. Il faut signaler que la vitesse de remorquage est faible (3 ou 4 nœuds) par suite du freinage considérable occasionné par la drague.

### Le dragage des mines de fond

Les mines de fond sont toutes des mines à influence. Il s'agit donc de draguer avec des matériels appropriés aux différentes espèces physiques d'influences.

Les différentes influences les plus couramment utilisées jusqu'à présent sont de nature magnétique et acoustique. Il existe par suite deux grandes espèces de dragues : les *dragues magné-*

tiques et les *dragues acoustiques*. Mais, dans ce classement, on peut faire des sous-catégories. C'est ainsi qu'il existe des dragues magnétiques plus spécialement inventées pour faire sauter les mines sensibles au champ vertical (dragues anglaises contre mines allemandes) et des dragues magnétiques plus spécialement destinées à faire sauter les mines sensibles au champ horizontal (dragues allemandes contre mines anglaises). Enfin, il existe des dragues acoustiques ordinaires, des dragues acoustiques contre mines « coriaces », etc.

L'ancêtre de la drague magnétique, celle qui a constitué la première parade contre les mines magnétiques en 1939 et dont les premiers essais eurent lieu à Dunkerque, est la drague à barreaux aimantés, inventée par des ingénieurs français des Constructions navales. Elle convient aux dragages de passes étroites et a réussi à faire sauter des mines. Elle est constituée par quelques gros barreaux aimantés remorqués par des « pantoires » amarrées à une poutre de bois flottante d'une quinzaine de mètres de long, elle-même remorquée à 100 m derrière un bâtiment marchant à une vitesse de 2 ou 3 nœuds (fig. 3).

Nous ne nous attarderons pas à décrire plus amplement ce matériel. De même, nous ne nous attarderons pas à décrire la *drague française à guideropes*, employée en 1940, et qui témoigne encore dans la complexité de sa réalisation des

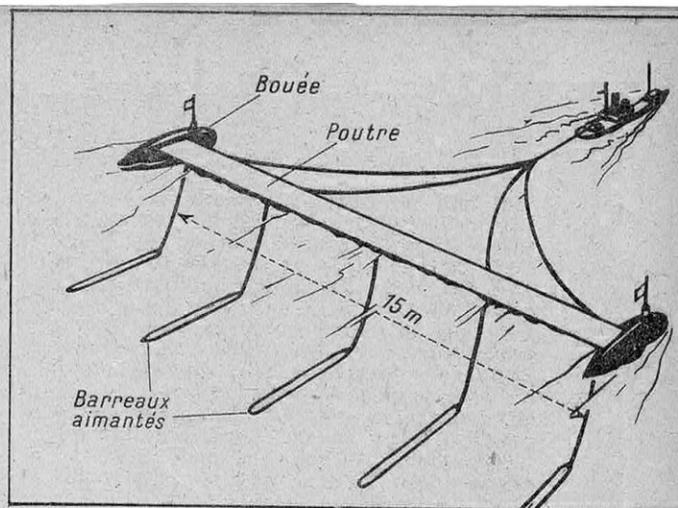
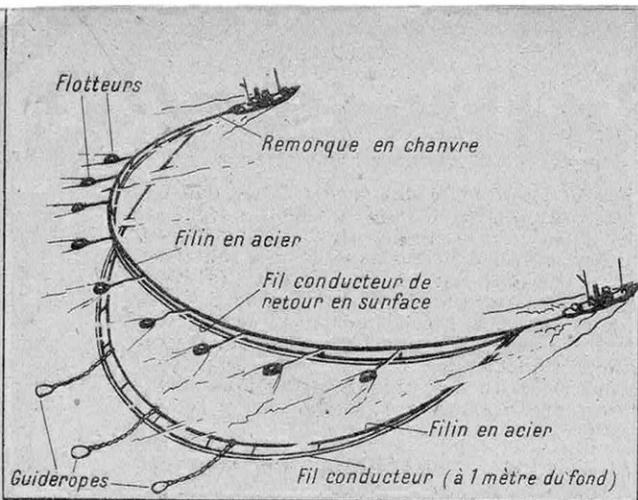


FIG. 2 ET 3. — DRAGUE A GUIDEROPES POUR EAU DOUCE ET DRAGUE A BARREAUX AIMANTÉS (1940)

A droite, les barreaux aimantés sont suspendus à une poutre remorquée. A gauche, un fil conducteur de courant est remorqué par l'intermédiaire d'un filin en acier terminé par des remorques en chanvre, et maintenu à une cote d'un mètre environ au-dessus du fond par des chaînes faisant guideropes. La fermeture du circuit (en eau douce) se fait par un autre conducteur maintenu en surface par des flotteurs (fixés à son filin de remorque), afin de ne pas contrarier l'effet magnétique du premier. En mer, le fil de surface n'est pas nécessaire, la fermeture du circuit se faisant par l'eau salée entre les deux extrémités.

efforts pénibles que l'on a dû faire à l'origine de la guerre des mines magnétiques pour trouver un moyen de parade efficace. La drague à guideropes (fig. 2) était remorquée par deux dragueurs ; elle était constituée par un fil conducteur de courant créant autour de lui un champ magnétique qui faisait sauter les mines (1). Ce principe est encore celui adopté de nos jours, mais la réalisation était loin d'atteindre l'élégance actuelle. Ceci était dû au fait qu'on n'arrivait pas à faire passer dans le fil un courant d'intensité suffisante. Au lieu des milliers d'ampères passant dans les dragues modernes, on arrivait à peine à 300 A, faute de mettre des groupes électrogènes suffisamment puissants sur les petits

bâtiments improvisés dragueurs, qui devaient être en bois pour leur propre sécurité. Pour pallier cette faiblesse de l'ampérage, il était nécessaire de rapprocher la drague le plus possible des mines, c'est-à-dire du fond ; des chaînes faisant guideropes garantissaient à la drague une certaine cote au-dessus du fond (1 m environ) ; mais les risques d'accrochage au fond étaient très grands et on imagine facilement l'encombrement de tout le matériel de dragage (câbles en acier et en chanvre, fils conducteurs, guideropes, flotteurs) (1) et par suite les difficultés de mise à l'eau.

Toutes les dragues que nous venons de décrire ne sont plus guère employées. Nous en arrivons maintenant au matériel moderne et nous commencerons par celui qui est le moins pratique : le matériel allemand, destiné à être utilisé plus spécialement contre les mines anglaises à champ horizontal.

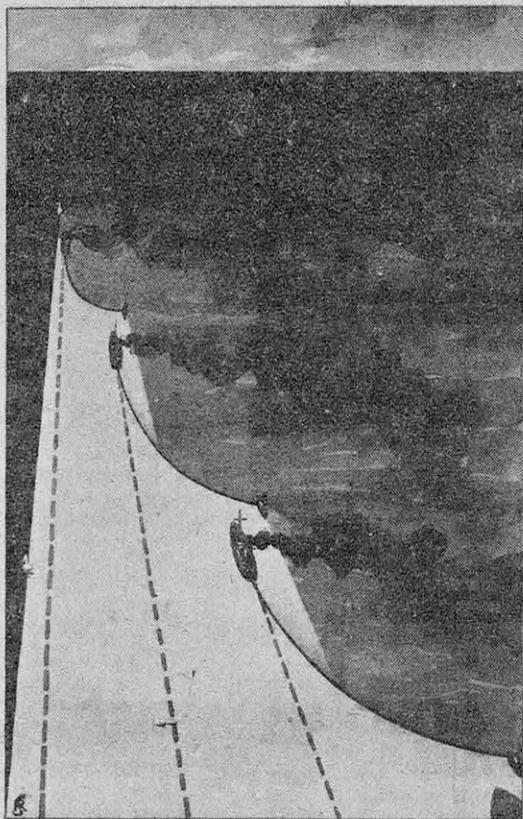


FIG. 4. — DRAGAGE D'UN CHAMP DE MINES PAR UNE DRAGUE DIVERGENTE

Par « coups de rabet » successifs, le dragueur peut balayer la totalité du champ de mines sans jamais entrer lui-même dans la zone dangereuse.

(1) En eau douce, il fallait encore en surface un fil conducteur de retour. En mer, le retour pouvait se faire par l'eau en tenant compte que la résistance de l'eau salée, qui dépend du degré de salinité, est du même ordre de grandeur que celle de l'appareillage, soit 0,03 ohms environ.

(1) On sait qu'un fil suffisamment long pour être considéré pratiquement comme infini, et parcouru par un courant électrique  $I$ , crée en un point donné  $P$  situé à une distance  $r$  un champ magnétique de direction perpendiculaire au plan déterminé par le point et le fil, de sens donné par la règle du tire-bouchon de Maxwell et d'intensité égale à

$$H \text{ (milligauss)} = \frac{2I(A)}{r \text{ (m)}}$$

C'est de cette loi que nous tirerons plus loin toutes les courbes de distribution des champs magnétiques créés par les différentes dragues.

### La drague allemande KfRG (Kabelfern-räumgerät)

Ce système est beaucoup plus maniable que celui de la drague à guideropes. La drague est à système divergent et n'a donc besoin d'être remorquée que par un seul bâtiment (fig. 5). Des panneaux de plongée lui donnent une certaine immersion nécessitée par la faiblesse de l'ampérage (500 A environ pour une salinité moyenne de l'eau de mer). Le courant, qui est fourni par un groupe électrogène d'une trentaine de kilowatts, est rendu sinusoïdal, car les mines anglaises sont sensibles aux variations du champ horizontal. Des électrodes de cuivre terminent chaque brin divergent, permettant la

fermeture du circuit entre les deux brins par l'eau de mer. La vitesse de remorquage est de 8 à 10 nœuds (voir plus loin les dragueurs puissants allemands).

En eau douce, c'est-à-dire en rivière, il est nécessaire de fermer la boucle.

Ces dragues créent un champ magnétique qui est efficace principalement par sa composante horizontale. La figure donne en vue schématique, en plan et en profondeur, l'étendue de la zone draguée à 5 milligauss de champ horizontal.

### Le « cigare magnétique »

Le *cigare magnétique* ou drague allemande HFG est un engin remorqué à une vitesse

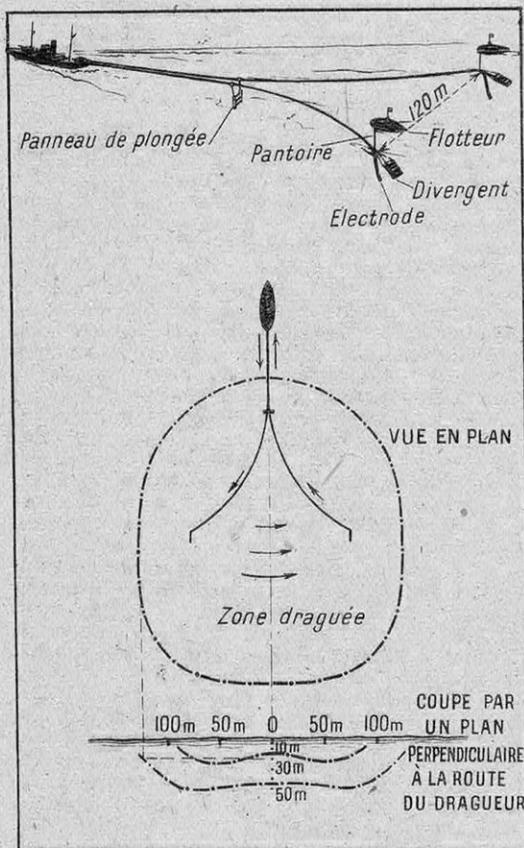


FIG. 5. — DRAGUE KFRG ALLEMANDE (POUR L'EAU DE MER)

Deux conducteurs divergents, maintenus à profondeur convenable par un panneau de plongée et des flotteurs avec divergents, sont remorqués à une vitesse de 8 à 10 nœuds. Ils sont terminés par des électrodes, distantes de 120 mètres environ, permettant la fermeture du circuit par l'eau de mer. La partie inférieure de la figure donne, dans un plan perpendiculaire à la route du dragueur, les lignes de niveau (c'est-à-dire les courbes d'égale intensité) de la composante horizontale du champ magnétique créé par la drague. Le dragage est efficace dans la zone où le champ magnétique horizontal est supérieur à 5 milligauss. La partie supérieure de la figure montre l'étendue de cette zone pour un fond supposé de 20 mètres.

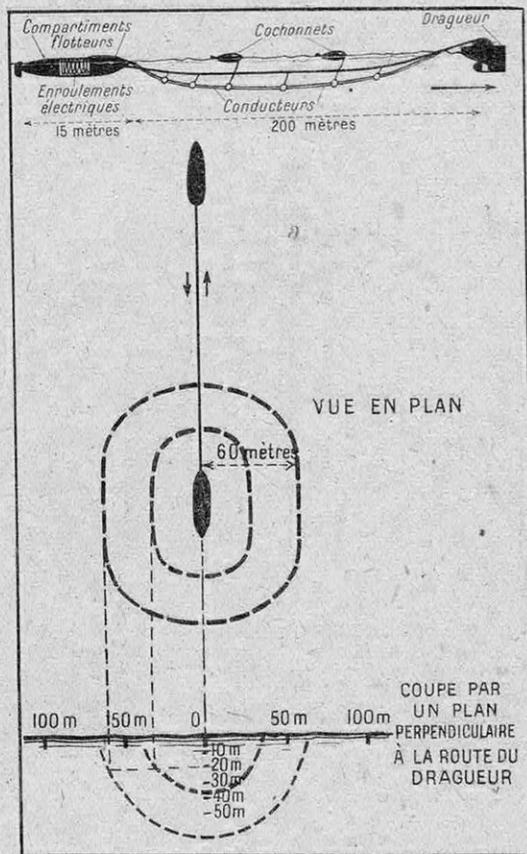


FIG. 6. — LE CIGARE MAGNÉTIQUE (DRAGUE ALLEMANDE HFG)

Cet engin, remorqué à une vitesse pouvant atteindre 20 nœuds, comporte, entre deux compartiments flotteurs avant et arrière, des enroulements électriques (solénoïdes) dans lesquels passent un grand nombre d'ampères-tours, créant ainsi autour de lui et sous lui un champ magnétique à composante horizontale intense. La partie inférieure du schéma montre les courbes d'égale intensité du champ magnétique horizontal dans un plan perpendiculaire à la route du dragueur, et la partie médiane cette même distribution sur un fond supposé à une profondeur de 20 mètres. On constate que la zone d'influence est moins large que pour la drague KfRG, mais le « cigare magnétique » est cependant plus pratique parce que bien plus maniable et offrant moins de résistance à l'avancement.

pouvant atteindre 20 nœuds. De la forme d'un cigare, comme son nom l'indique, il comprend des compartiments flotteurs à son avant et à son arrière, et des enroulements électriques reliés au dragueur qui le remorque, enroulements dans lesquels on fait passer un nombre d'ampères-tours considérables (fig. 6). La méthode est élégante, mais la largeur des bandes draguées par le cigare est faible.

**Dragues magnétiques américaines et britanniques**

La drague L fut utilisée par les Alliés pendant les dernières années de la guerre mondiale pour draguer les mines allemandes sensibles au champ

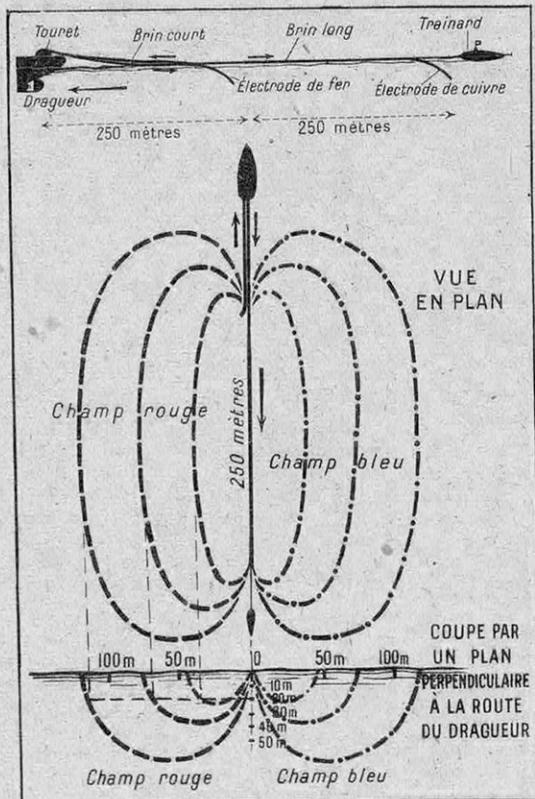


FIG. 7. — LA DRAGUE L DES FORCES ALLIÉES

Elle forme un long serpent facile à enrouler et dérouler. Un courant de plusieurs milliers d'ampères passe dans les deux brins, le circuit se fermant par l'eau de mer entre les deux électrodes, l'une de fer, l'autre de cuivre, qui terminent chacun des deux brins. Le brin long crée autour de lui, dans sa partie non doublée par le brin court, un champ magnétique intense, dont on utilise cette fois la composante verticale. Celle-ci, pour un courant allant de l'avant vers l'arrière dans le brin long, est dirigée vers le bas dans la zone située à gauche, vers le haut dans la zone située à droite par rapport au sens de la marche. Cette composante est nulle sous la drague elle-même, le champ étant alors horizontal et dirigé de gauche à droite. Les courbes de distribution ont la forme indiquée par le schéma du bas. Les champs verticaux correspondants sont dits « rouges » ou « bleus », de même que les mines « rouges » et les mines « bleues » allemandes sont respectivement sensibles à chacun de ces champs.

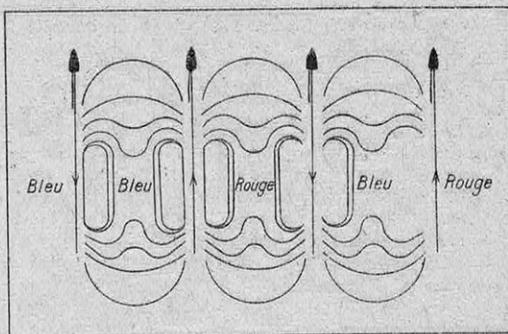


FIG. 8. — COMBINAISON DE DRAGUES L EN LIGNE DE FRONT.

Les courants parcourant les brins longs de deux dragues voisines sont de sens opposés, de manière à donner, dans leur intervalle, un champ vertical de même sens.

vertical. Elle est remarquable par sa simplicité qualité indéniable pour une drague (car simplicité signifie rapidité d'exécution des dragages), et par son efficacité supérieure à celle des autres dragues. La forme rectiligne ayant expérimentalement été reconnue la meilleure, elle se présente comme un long serpent, remorqué par le bâtiment dans les eaux duquel elle navigue. Comme on fait passer dans sa partie conductrice plusieurs milliers d'ampères, on peut se permettre de la faire flotter sur l'eau. Sa constitution (conducteur de cuivre noyé dans une masse de caoutchouc) lui assure une souplesse qui la rend très maniable, et sa mise à l'eau est très facile : il suffit de dérouler le touret sur lequel elle est enroulée. En réalité, la drague L se compose de deux bras, l'un court terminé par une électrode en fer que l'on change souvent car elle s'use rapidement, l'autre long terminé par une électrode en cuivre qui ne s'use pratiquement pas (fig. 7) ; le circuit se ferme par la mer entre les deux électrodes. Les deux bras sont « mariés » dans leur partie commune de façon à éviter la création d'un champ magnétique à proximité du dragueur (courants d'intensité égales et de sens différents). Le câble long, sur la longueur où il n'est pas doublé par le câble court, crée autour de lui un champ dont les lignes de forces sont des cercles axés sur le câble, et dont la distribution des composantes verticales, rouges d'un côté, bleues de l'autre (1), est indiquée par la figure 7.

Un changement du sens du courant suffit pour intervertir les champs rouges et bleus de manière à influencer les mines des deux catégories pouvant se trouver à portée.

La drague L n'est jamais employée seule ; son action est presque toujours conjuguée avec celle d'une autre drague L. L'ensemble des deux dragues L naviguant en ligne de front constitue une drague LL. On peut même faire naviguer en ligne de front plus de deux dragues L. Dans tous les cas, on doit toujours s'arranger pour que les courants dans les dragues voisines soient de sens

(1) Le champ est dit « rouge » quand il est dirigé vers le bas et « bleu » quand il est dirigé vers le haut, de même que les mines allemandes sont dites « rouges » ou « bleues » suivant qu'elles sont sensibles à l'un ou l'autre de ces champs.

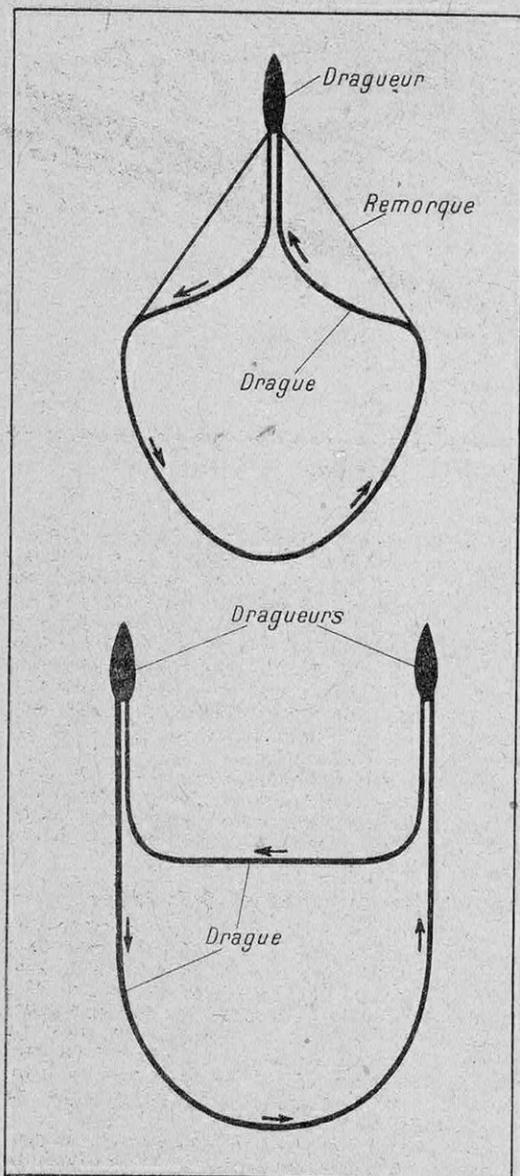


FIG. 9 ET 10. — DRAGUES POUR EAU DOUCE

Ces deux dragues, constituées par un câble conducteur flottant du même type que la drague L et remorquées en surface, sont en circuit fermé, la fermeture du circuit ne pouvant plus se faire par l'eau douce. Le conducteur est toujours doublé au voisinage des dragueurs afin de ne créer près d'eux qu'un champ inappréciable et de ne pas risquer de faire exploser des mines sous eux.

contraires, de sorte que leurs actions magnétiques verticales s'ajoutent (fig. 8).

En réalité, on n'envoie du courant dans les dragues que par périodes (généralement 5 s de courant toutes les 30 s) pour avoir une puissance consommée moyenne plus faible.

Une synchronisation est alors indispensable pour que les dragues voisines soient parcourues, à un instant donné, par des courants en oppo-

sition de sens. Les variations de charge imposées, du fait de ces pulsations, au groupe électrique du bord et par suite au moteur Diesel sont amorties par des volants ou par des accumulateurs qui débitent en tampon dans la drague. Le premier système, plus élégant puisqu'il ne nécessite pas l'emploi d'accumulateurs de grande capacité, utilise des Diesel pouvant étaler les démarrages et les freinages brutaux continus et dont l'effet s'ajoute à celui du volant.

Pour draguer en rivière, on utilise des dragues constituant des circuits fermés, remorquées en surface comme la drague L (fig. 9 et 10) ou bien des « boucles » mouillées sur le fond et dans les circuits desquelles on fait passer un fort courant électrique.

Enfin, mentionnons qu'on se sert des dragues L modifiées pour draguer des mines britanniques sur les côtes de France. Mais la distribution des champs horizontaux auxquels sont sensibles les mines britanniques est différente de celle des champs verticaux qui a été indiquée sur la figure 7, le champ magnétique horizontal ayant sa valeur maximum juste sous la drague. On se livre d'ailleurs à un dragage standard qui est dirigé à la fois contre les mines anglaises et allemandes (voir les formations ci-dessous).

### Formations de dragueurs

Les dragueurs travaillent presque toujours en formation (sauf dans les ports ou les rivières); c'est-à-dire que chacun drague une bande qui doit recouvrir celle draguée en même temps par les dragueurs voisins, ceci pour des raisons de sécurité et d'imprécision dans la détermination du point à la mer, même en vue de terre et en employant les méthodes hydrographiques. C'est d'ailleurs en adoptant des formations de plusieurs bâtiments que l'on obtient le minimum de surface de recouvrement nécessaire, donc le maximum de rendement dans le dragage. Ces bâtiments se placent, par relèvement et mesure de distance, par rapport à l'un d'entre eux qui, ou bien suit un « rail » de bouées dont la position est définie, ou bien se guide par rapport à des « amers » (amers à terre ou réseau de balises) à l'aide de cercles hydrographiques ou, à défaut, par relèvement au compas.

En dragage « Oropesa » contre mines à orin, par exemple, les dragueurs opéreront comme l'indique la figure 4.

Nous avons déjà vu comment on fait naviguer des dragues L en ligne de front (fig. 8).

Il existe d'autres formations qui comprennent deux fronts de dragueurs. Elles sont destinées à un dragage standard contre mines anglaises et allemandes. Les sectionnaires du deuxième front se placent dans les créneaux du premier, à 1 000 m derrière, de façon que leur zone de dragage bouche les trous laissés par le premier front au point de vue du champ horizontal. Le grand inconvénient de ces formations réside dans la difficulté de tenue de poste des sectionnaires du deuxième front. En bouts de bande, la formation des dragueurs se retourne suivant des tactiques différentes selon les cas (fig. 12).

### Les dragues acoustiques

Le dragage magnétique dont nous venons de parler est toujours accompagné d'un dragage acoustique. On fait sauter ainsi du même coup, par un même dragage standard, les mines magné-

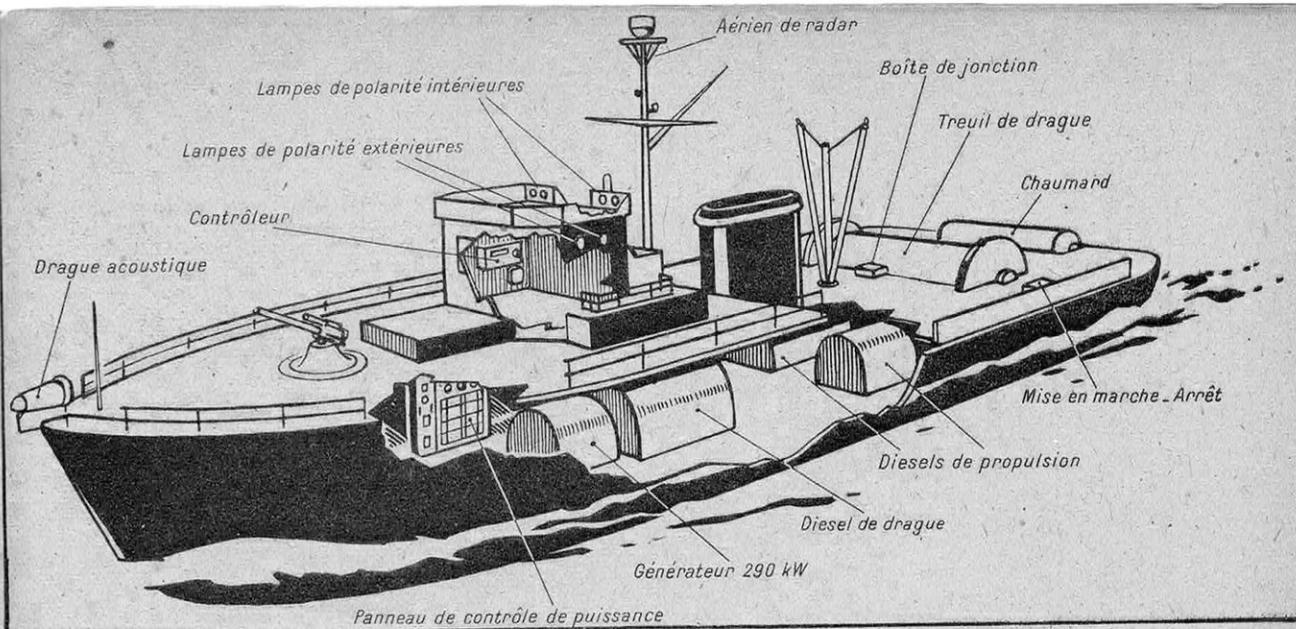


FIG. 11. — VUE SCHÉMATIQUE D'UN DRAGUEUR YMS

tiques, les mines acoustiques et les mines magnétiques-acoustiques. Les Allemands utilisaient un « bruiteur » GBT, constitué par un marteau actionné par une hélice (fig. 13). Ce bruiteur était remorqué près des bords du dragueur à une immersion de 2 à 3 m.

Les Anglais utilisent un « bruiteur » constitué par un marteau frappant contre un diaphragme (fig. 14) et remorqué comme le GBT ; le marteau est mû électriquement par la source d'énergie du bord. Ces bruiteurs, comme leur nom l'indique, émettent des fréquences dont la gamme s'étend sur presque toute l'échelle des fréquences audibles. Ils ont donc toutes chances d'impressionner les microphones des mines acoustiques et magnéto-acoustiques ordinaires. Les microphones très peu sensibles des mines allemandes « coriaces » ne feront pas sauter ces dernières que lorsque le dragueur arrivera dessus ; pour draguer les mines « coriaces », on fait donc passer, avant d'entreprendre le dragage normal, un dragueur muni d'une drague acoustique spéciale.

Dans une formation de dragage magnéto-acoustique standard, on peut être amené, si on présume la présence de mines d'un modèle très perfectionné (1), à utiliser d'autres dragues et d'autres procédés que ceux mentionnés ci-dessus.

### La technique des opérations de dragage

Nous venons de passer en revue tout le matériel de dragage mis en œuvre contre tous les types de mines. Nous ne pouvons mieux faire, pour résumer cet examen, que d'indiquer la suite des opérations à effectuer pour draguer d'une façon standard une zone déterminée. On commence toujours par le dragage « Oropesa » en formation contre mines à orin, puis on fait généralement un dragage spécial contre mines coriaces ; enfin un dragage magnéto-acoustique standard en formation avec l'une ou l'autre des dragues magnétiques acoustiques énumérées ci-dessus. Cette dernière opération doit d'ailleurs être effectuée en faisant passer les dragueurs plu-

sieurs fois au même endroit. En effet, certaines mines, munies d'un combinateur de mise de feu différée, peuvent n'exploser qu'au bout de 2, 3, 4 ou même 12 influences successives. Il est donc nécessaire, pour le dragage des mines à influence, contrairement à ce qui se passe dans le dragage des mines à orin, de passer au moins douze fois au même endroit avant d'être certain que cet endroit soit dragué. Tout ceci permet d'imaginer l'importance de la tâche qui incombe aux dragueurs.

Bien entendu, d'ailleurs, cette technique générale n'est applicable que dans les cas généraux ; dans les cas particuliers (mines à dépression en rivière, par exemple), on procède suivant le cas et les moyens dont on dispose.

### Les différents types de dragueurs

Au début de la deuxième guerre mondiale, les états-majors ont fait flèche de tous bois devant le développement rapide des engins nouveaux employés dans la guerre des mines. Il a fallu surtout pour le dragage des mines magnétiques faire appel à des bâtiments en bois. Le problème a donc été résolu en armant en dragueurs des chalutiers. Pour les mines à orin, des avisos et des torpilleurs étaient pourvus de dragues divergentes.

Les Alliés, par la suite, purent résoudre le problème du dragage de façon plus satisfaisante en construisant des bâtiments spéciaux. Pour le dragage de protection, ils utilisèrent les *fleet mine-sweepers*, bâtiments rapides, de tonnage comparable à celui des corvettes. Pour le dragage de déblaiement, les Anglais utilisèrent des MMS, construits les uns au Canada, les autres en Grande-Bretagne. Ce sont des bâtiments en bois à une seule hélice, de 300 t environ. Les Américains construisirent des bâtiments, en bois également, plus maniables, à deux hélices : les dragueurs YMS (fig. 11 et 15). Ce sont des dragueurs excellents (à peu près du même tonnage que les MMS) munis de tous les perfectionnements modernes (radar). La vitesse de dragage magnéto-acoustique des MMS et YMS est de 8 nœuds environ. La France a acquis au titre prêt-bail plusieurs unités de MMS et de YMS. Elle les utilise actuellement au dragage de ses côtes. Tous ces bâtiments draguent également en

(1) Voir : « Les mines sous-marines, diaboliques chefs-d'œuvre de la technique moderne » (*Science et Vie* n° 344, mai 1946).

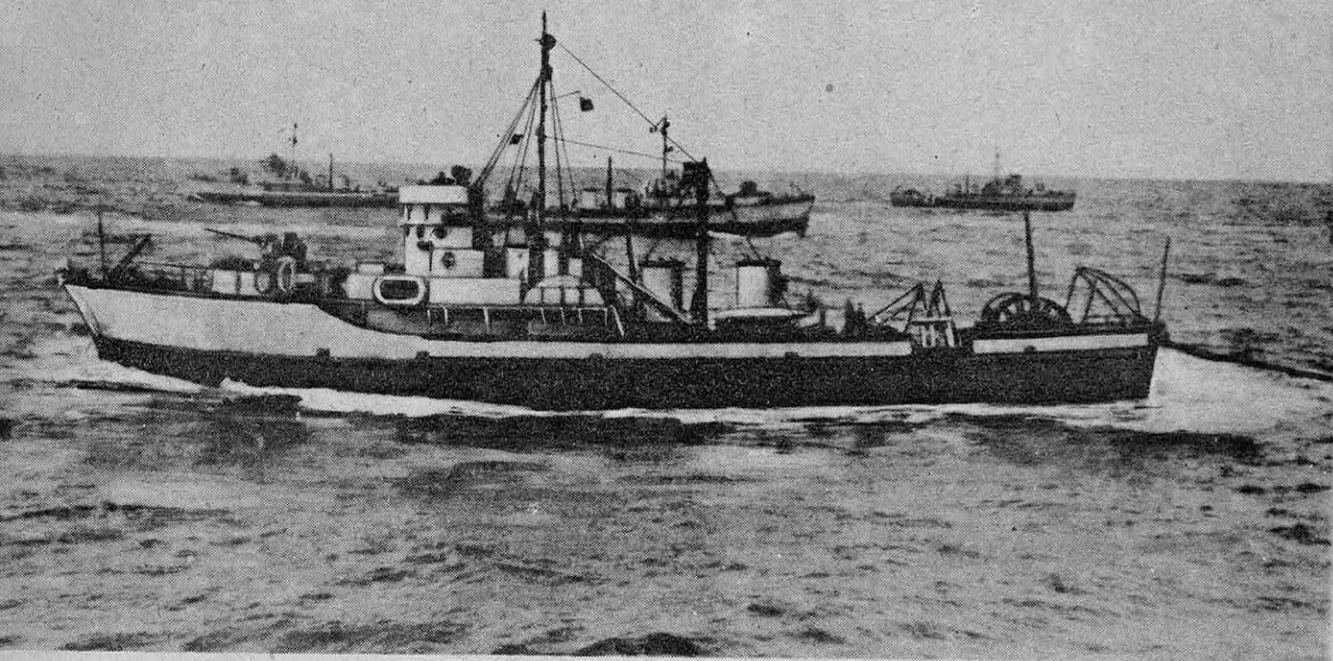


FIG. 12. — RETOURNEMENT D'UNE FORMATION DE DRAGUEURS EN DEUX FRONTS

Cette photographie montre comment procède, en arrivant à la sortie de la zone à explorer, une formation de dragueurs. Au moment où la photographie a été prise, le premier front s'est déjà retourné, le deuxième continue sa route avant d'amorcer son retournement afin de ne pas emmêler ses dragues avec celles du premier front.

« Oropesa » contre les mines à orin. Bien que leurs coques soient en bois, ils possèdent des circuits d'immunisation (voir plus loin); leur magnétisme total est, dans ces conditions, réduit à 2 ou 3 milligauss.

Les Allemands ont utilisé, pour les dragages de protection, des bâtiments de gros tonnages de plus de 1 000 t, bâtiments de commerce transformés appelés par eux *Sperrbrecher*, c'est-à-dire *forceurs de barrages*. Leur drague magnétique était constituée par des enroulements entourant le navire et dans lesquels on faisait passer un courant intense. Pour le dragage de déblaiement, ils utilisaient des dragueurs lourds (600 t, vitesse 17 nœuds sans drague). Ces bâti-

ments, dont certains sont entre nos mains actuellement et draguent les côtes ouest de France avec des équipages allemands et des états-majors français, sont des bateaux ayant plutôt les qualités de torpilleurs que celles de dragueurs, car les Allemands qui n'avaient pas la maîtrise de la mer étaient obligés de donner à leurs dragueurs des qualités militaires. Ils sont en fer, mais sont démagnétisés et possèdent des circuits d'immunisation magnétique dont nous parlerons plus loin. Enfin, leur drague KfRG, comme nous l'avons vu, n'est pas très efficace et est plus gênante à manœuvrer que la drague L. Signalons enfin que l'on peut utiliser des avions munis d'un anneau solénoïde disposé sous

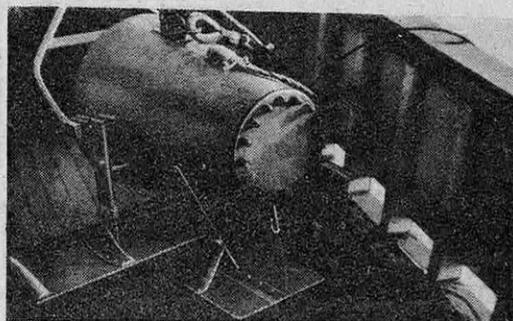
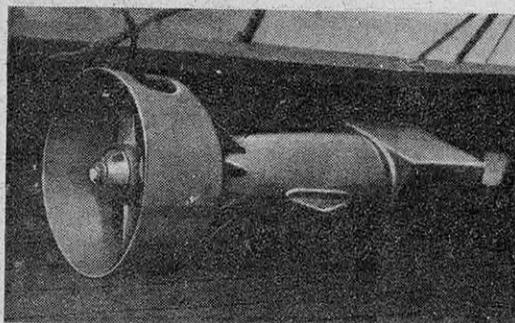


FIG. 13 ET 14. — BRUITEURS ALLEMAND (GBT) ET AMÉRICAIN

A gauche, le bruiteur allemand renferme un marteau actionné par une hélice (que l'on distingue à l'intérieur du manchon cylindrique). Remorqué à une immersion de 2 ou 3 mètres, il émet des bruits dont la gamme de fréquences s'étend sur presque toute l'étendue des fréquences audibles. A droite, le bruiteur américain contient un marteau mu électriquement par la source d'énergie du bord.

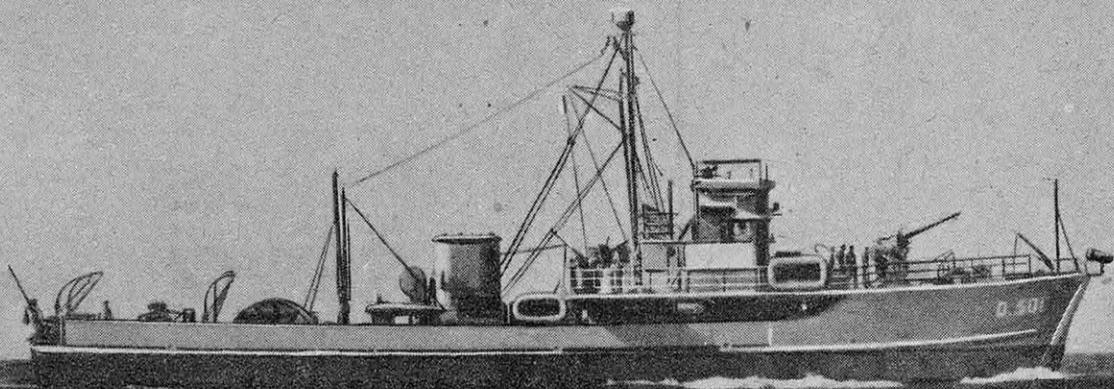


FIG. 15. — DRAGUEUR AMÉRICAIN YMS

Ce dragueur est en bois, à deux hélices. On distingue en tête de mât l'aérien du radar, à la proue une drague acoustique, à l'arrière le touret de drague et un flotteur de drague divergent. Il possède de plus un circuit d'immunisation.

le fuselage pour draguer les mines magnétiques, mais ce procédé n'est pas d'une grande efficacité (rayon magnétique faible et peu de précision dans la position de l'avion) et a été très peu utilisé. Les Anglais utilisèrent des bombardiers Vickers-Armstrong « Wellington » grésés, avec un solénoïde de 15 m de diamètre et survolant la mer à 20 m d'altitude environ.

### La protection individuelle des bâtiments contre les mines

Il nous reste à parler d'un moyen de protection contre les mines qui ne relève pas du dragage. Il s'agit de l'autoprotection des bâtiments non dragueurs contre les mines qu'ils peuvent rencontrer sur leur route.

Contre les mines à orin, le moyen classique d'autoprotection est le système à paravanes (fig. 16).

La protection des navires, aussi bien cargos et navires de guerre que dragueurs, contre les mines magnétiques est assurée de deux manières différentes. On peut distinguer dans un bateau le *magnétisme permanent* (dû aux champs antérieurement subis par le navire ou par ses pièces au cours de la fabrication) et le *magnétisme induit* (par le champ magnétique terrestre). A ces deux espèces de magnétisme correspondent deux procédés de protection antimagnétiques : d'une part, la *démagnétisation* et, d'autre part, l'*immunisation*.

La *démagnétisation* (neutralisation du magnétisme permanent) ne dure que trois mois environ. Au bout de ce temps, il faut la recommencer. Divers procédés sont utilisés qui reviennent tous à entourer provisoirement le navire de circuits électriques correspondant à un grand nombre d'ampères-tours. On opère en utilisant

soit des courants alternatifs d'intensité décroissante, soit des courants continus créant un magnétisme de sens contraire au magnétisme primitif et en revenant à zéro. Parfois, même, on laisse au navire un magnétisme contraire

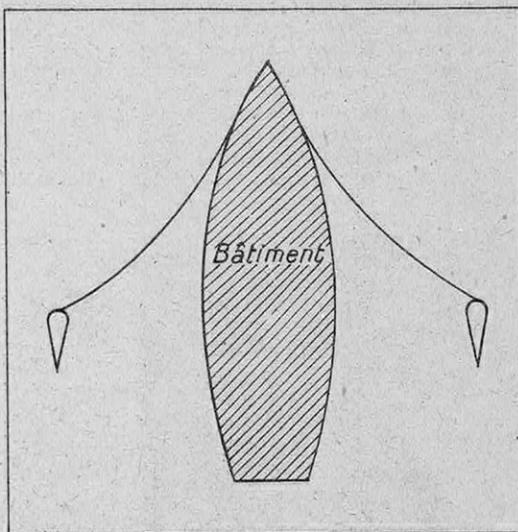


FIG. 16. — SCHÉMA D'UN BÂTIMENT MUNI DE PARAVANES

Les paravanes sont des flotteurs divergents en forme de fuseaux qui ont pour objet d'éloigner du navire les mines, grâce à leur filin de remorque, sur lequel glissent les orins de mines jusqu'à rencontre des cisailles du paravane qui les sectionnent.

au magnétisme permanent primitif (1).

L'immunisation consiste, une fois le magnétisme permanent neutralisé, à annuler le plus possible le magnétisme induit qui est fonction, comme on l'a déjà vu, du cap du bateau. On y arrive en ceinturant en permanence le navire de circuits où l'on fait passer un courant réglable suivant le cap. Sur les bâtiments d'un certain tonnage ou sur les dragueurs qui ont besoin d'être très bien immunisés (les dragueurs américains le sont mieux que les dragueurs allemands), il existe plusieurs circuits horizontaux et verticaux (répartis par groupes entre les tranches du bateau) alimentés par le groupe électrogène du bord. L'ampérage dans chacun de ces circuits (*degaussing* en anglais) est réglable. Un tableau de correspondance entre le cap et l'intensité est disposé sur la passerelle, ainsi que les manettes de réglage et des ampèremètres. A chaque changement de cap, il faut changer le réglage du *degaussing*.

### L'assainissement des côtes françaises

Vers la fin des hostilités, plus de 20 000 mines alliées des modèles les plus perfectionnés avaient été mouillées sur nos côtes de la Manche et de l'Atlantique, pour lesquelles nous avons des renseignements sur les positions de mouillage, qui valent ce que peuvent valoir des indications de ce genre. Si l'on ajoute à ce

(1) Ces procédés sont analogues à ceux décrits en détail pour la démagnétisation des avions dans *Science et Vie* n° 319 (mars 1944).

chiffre le nombre des mines allemandes du « mur de l'Atlantique » (pour lesquelles les renseignements sont fragmentaires et imprécis), on comprendra l'étendue de la tâche qui incombe aujourd'hui aux dragueurs. Il ne faut d'ailleurs pas compter trop sur le vieillissement des mines ; deux ans environ après leur mouillage, l'expérience prouve que les mines causent des avaries ou coulent beaucoup de bateaux : il ne se passe pas de mois sans qu'un bâtiment saute (1).

Seules les mines à orin (les moins nombreuses et les plus faciles à draguer) s'éliminent rapidement par usure de leur orin.

Heureusement, l'action des mines de fond est inefficace par fonds supérieurs à 50 m. Aussi les dragueurs magnéto-acoustiques se bornent-ils à une zone côtière relativement restreinte. Mais, si l'on regarde les lignes de fond de 50 m sur une carte bathymétrique des côtes de France, on s'aperçoit que la zone à draguer est encore immense. L'état-major limite d'ailleurs ses ambitions à débayer des chenaux assez larges et des rades, laissant le vieillissement des mines opérer l'assainissement des autres zones non fréquentées. Même dans ces conditions, il est prévu que le dragage durera jusqu'en 1950 environ.

R. LEPRÊTRE.

(1) Les mines de fond se dérobent, dans les chenaux de fleuves comme la Gironde ou la Loire, à l'action des dragueurs par suite de leur envasement ou de l'effet de masque des « ridins » (ondulations du fond) vis-à-vis du son.

A l'occasion du prochain SALON INTERNATIONAL DE L'AVIATION DE PARIS, **SCIENCE ET VIE** publiera un important NUMÉRO HORS SÉRIE :

## AVIATION 1946

- ★ L'Aéronautique française.
- ★ L'aérodynamique des grandes vitesses.
- ★ Moteurs et réacteurs.
- ★ De l'avion cargo à l'avion transatlantique.
- ★ Les avions de tourisme et les hélicoptères.
- ★ Les bombardiers lourds.
- ★ L'avion d'assaut.
- ★ Les chasseurs à réaction.
- ★ L'avion sans pilote.
- ★ Les aéroports et les lignes aériennes.

CARACTERISTIQUES, DESSINS, PHOTOGRAPHIES EN NOIR OU EN COULEURS, DE TOUS LES AVIONS MODERNES DU MONDE ENTIER. — PLUS DE 150 PAGES.

CET OUVRAGE A ÉTÉ RÉALISÉ PAR

**SCIENCE ET VIE**

AVEC LA COLLABORATION DE **CAMILLE ROUGERON.**

RETENEZ AUJOURD'HUI CE NUMÉRO A TIRAGE LIMITE QUI VOUS SERA ADRESSÉ FRANCO DES SA PARUTION CONTRE LA SOMME DE 120 FRANCS. (100 FRANCS si vous êtes abonné.)

Indiquer le numéro de votre abonnement sur le talon du chèque postal

N. B. — Seuls les versements au Compte Chèque Postal PARIS 1258-63 (mandats roses ou virements, à l'exclusion des mandats poste et chèques bancaires) sont acceptés.

# COMMENT FONCTIONNE LE SYSTÈME NERVEUX

## DU RÉFLEXE A L'ACTIVITÉ VOLONTAIRE

par le Dr Paul CHAUCHARD

Directeur adjoint du Laboratoire de Neurophysiologie  
à l'École des Hautes-Études (Sorbonne)

Quand nous pensons aux réactions que provoquent en nous les impressions extérieures, nous reconnaissons sans difficulté qu'il en est de deux types, celles que nous avons délibérément voulues et dont nous nous sentons responsables, et celles qui constituent en quelque sorte une réponse automatique de notre organisme, involontaire et souvent inconsciente. Ces dernières, nous les qualifions de réflexes, et, suivant les cas, ou nous les déplorons pour leur intempestivité ou leur lenteur, ou nous nous réjouissons de leur efficacité et de leur promptitude. La science sait aujourd'hui expliquer les mécanismes physiologiques de l'acte réflexe, dont la médecine a pu tirer d'importantes applications, tant pour le diagnostic que pour la thérapeutique. Elle a mis ainsi en évidence l'identité de principe entre la plus simple des actions réflexes, qui met en jeu les cellules nerveuses de la moelle, et celles qui s'opèrent par l'intermédiaire des millions de connexions nerveuses des centres complexes de l'encéphale où apparaît l'activité consciente et volontaire.

Voici trois cents ans que le philosophe Descartes, méditant sur les merveilles de la « machine humaine » dont on connaissait bien l'anatomie (on avait reconnu, en particulier, pour le système nerveux, l'existence des centres nerveux, des nerfs moteurs et des nerfs sensitifs), mais dont on ignorait presque tout le fonctionnement, comprit que c'est l'impression transmise aux centres par la voie sensitive qui provoque automatiquement la réponse motrice, réponse qu'il attribuait, avec son époque, au lancement des *esprits animaux*, fluide subtil, dans les nerfs moteurs. C'était bien là, mécanisme mis à part, le principe du fonctionnement nerveux réflexe, comme nous disons depuis Astruc (1743). Ce dernier compara, en effet, cette transformation de l'impression en mouvement à la réflexion d'un rayon lumineux sur un miroir et nomma le phénomène *mouvement réflexe*. L'expérimentation commença d'en fixer les lois avec Hales et Prochaska au XVIII<sup>e</sup> siècle, Bell et Magendie, puis Cl. Bernard, qui précisèrent le rôle des deux racines originaires des nerfs rachidiens, enfin Brown-Sequard, Vulpian, Goltz et surtout le physiologiste allemand Pflüger. Les recherches plus récentes ont élucidé les mécanismes intimes de l'acte réflexe tant en ce qui concerne la nature du processus qui se réfléchit, l'onde d'influx nerveux (Adrian), que du point de vue de l'aiguillage sélectif dans les centres, vers les divers effecteurs (Sherrington, L. Lapicque). En se développant et s'étendant aux divers domaines du système nerveux, notam-

ment le domaine viscéral, la notion d'acte réflexe a fait disparaître, en l'expliquant, la vieille notion de *sympathie*, avec laquelle les anciens physiologistes dénommaient les multiples interactions constatées entre les organes, dont le nerf dit *sympathique* était réputé l'agent.

### Principe d'une action réflexe

On peut qualifier de « réflexe » toute réaction organique (contraction musculaire, sécrétion, etc...) qui se produit à la suite d'une impression sur un appareil nerveux sensible, sans intervention de la volonté et de la conscience. Soit, par exemple, une grenouille dont les centres sont réduits à la moelle par destruction de l'encéphale, ce qui supprime toute sa spontanéité. Pinçons l'extrémité d'une patte postérieure (excitation mécanique) ou déposons-y une goutte d'acide (excitation chimique); si l'excitation a été assez forte, les muscles de la patte vont se contracter de telle sorte que la patte étendue se replie; inversement, si elle était pliée, elle s'étend. Pour une excitation plus forte, l'autre patte va aussi se contracter; pour une excitation très forte, la plupart des muscles entreraient en jeu dans tout le corps. Bien que les conditions de l'expérience excluent toute volonté consciente de l'animal, on peut avoir affaire à une réaction *adaptée*; la seconde patte vient froter le point où est déposé l'acide, cherchant ainsi à supprimer la cause de l'excitation sans qu'il y ait aucune intention consciente.

Tous ces mouvements sont d'ordre réflexe.

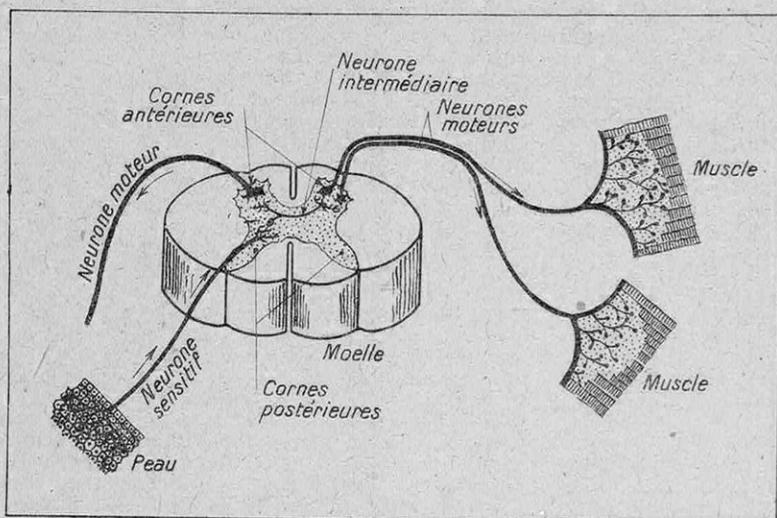


FIG. 1. — SCHÉMA DE L'ARC RÉFLEXE

Il s'agit ici d'un réflexe médullaire de mouvement déclenché par excitation cutanée. De la peau, l'excitation suit jusqu'à la moelle le neurone sensitif, emprunte le neurone intermédiaire et peut se « réfléchir » sur les neurones moteurs innervant deux muscles antagonistes du côté opposé, ou sur le neurone moteur du même côté.

Ils disparaissent lorsqu'on détruit la moelle ou qu'on sectionne le nerf sensitif ou le nerf moteur. L'excitation, née dans les récepteurs sensibles de la peau, est transmise par les fibres des neurones sensitifs qui cheminent dans les nerfs (1) et elle gagne la moelle par l'intermédiaire de la racine postérieure des nerfs rachidiens (2). Là, le message centripète va impressionner des neurones moteurs et se propager, dans le sens centrifuge, dans les fibres motrices, d'abord des racines antérieures, puis des nerfs, pour aboutir aux muscles qu'il fera contracter. Telle est la voie nerveuse de l'action réflexe ou *arc réflexe* (fig. 1). Schématiquement, elle comporte deux neurones successifs, un sensitif et un moteur, mais, pratiquement, il existe toujours un ou plusieurs neurones intermédiaires intramédullaires interposés entre les deux neurones précédents. Ainsi s'explique que le message sensitif n'entraîne pas la contraction d'un seul muscle, mais d'un groupe de muscles. La généralisation de la contraction, quand on force l'excitant, tient à ce que le message, par l'intermédiaire de neurones intramédullaires de plus en plus nombreux, arrive à exciter des neurones moteurs distants siégeant à des niveaux éloignés du point d'entrée dans la moelle des fibres sensitives excitées.

(1) Les nerfs sont formés de faisceaux de fibres nerveuses parallèles, chaque fibre (appelée *axone* ou *cylindraxe*), étant le prolongement d'une cellule nerveuse (appelée *neurone*).

(2) Sur une coupe transversale de la moelle épinière, la région centrale où les corps cellulaires sont agglomérés (substance grise) apparaît en forme d'H. Les pointes de cette H sont appelées *cornes antérieures* et *cornes postérieures* selon qu'elles sont dirigées vers la partie ventrale ou la partie dorsale de la moelle. Un nerf rachidien rassemble des filets nerveux sortant d'une corne antérieure et formant sa *racine antérieure* et des filets nerveux sortant d'une corne postérieure et formant sa *racine postérieure*.

Vu la multiplicité des neurones des centres nerveux et les innombrables points de contact ou *synapses* entre les prolongements de ces neurones, on peut dire que toute excitation sensitive peut, dans certaines conditions, atteindre un quelconque neurone effecteur. Mais, en vertu, d'une part, de l'architecture même des centres nerveux, d'autre part (ce second point sera étudié plus loin), de leur physiologie, il se trouve qu'une excitation sensitive commence par éveiller des réponses spécifiques localisées à certains éléments, de telle sorte que la réponse est adaptée remarquablement à l'excitation qui l'a déclenchée, contribuant à la faire cesser. Ainsi une excitation sensitive de la patte postérieure commence par se transmettre aux

neurones de cette patte.

### Les réflexes coordonnés

Tous les récepteurs sensitifs, qu'ils aient ou non la possibilité de fournir normalement des messages conscients, peuvent être à l'origine de réflexes, le centre de réflexion pouvant être, outre la moelle, les centres encéphaliques inférieurs. L'activité des neurones effecteurs de même fonction est, de façon générale, *coordonnée* par des neurones intégrateurs particulièrement abondants dans la base de l'encéphale : centre respiratoire bulbaire qui coordonne l'activité de tous les neurones moteurs des muscles respiratoires, centres régulateurs des motricités viscérales (cœur, vasomotricité, etc..) dans le bulbe et la région diencephalique, centre régulateur général de la motricité squelettique, situé dans les corps striés. Les messages sensitifs pourront être transmis directement à ces centres et ainsi, par leur intermédiaire, agir sur tout un groupe, souvent distant, de neurones effecteurs. En outre, tous les messages sensitifs peuvent être, eux aussi, centralisés dans des groupes de neurones sensitifs centraux qui les aiguillent vers les centres effecteurs : tel est le rôle du *thalamus* situé dans le diencephale, près des corps striés.

Sans que nous en comprenions bien la raison, dans l'ignorance presque entière des conditions du développement embryonnaire, le système nerveux apparaît ainsi, comme le remarquait Descartes, une machine bien construite. La centralisation des messages sensitifs venus de toute la peau, des muscles, des yeux, etc., dans le thalamus assure une bonne régulation réflexe de toute la motricité par l'intermédiaire des corps striés, d'où la possibilité d'effectuer indépendamment de la volonté des mouvements compliqués comme la marche. Un chien privé d'écorce cérébrale, donc de conscience et de volonté, continue à marcher.

Les messages de la sensibilité vasculaire, spécialement ceux émis par les importants récepteurs inconscients pressosensibles et chimiosensibles de la bifurcation carotidienne ou de la crosse de l'aorte, agissent électivement, de par les relations anatomiques, sur les centres bulbaires de la régulation cardiaque ou sur le centre respiratoire. Une hypertension artérielle amènera ainsi automatiquement par voie réflexe le déclenchement de réactions entraînant une baisse de tension artérielle : le message sensitif d'hypertension excite le centre modérateur du cœur, et le centre dilatant les vaisseaux ; un message provoqué par un excès de gaz carbonique dans le sang excite le centre respiratoire et provoque ainsi le départ de cet excès de gaz carbonique (fig. 2).

Tout le fonctionnement de notre organisme dans son harmonie repose donc sur une *auto-régulation réflexe*, qu'il s'agisse des mouvements ou des sécrétions de nos viscères, domaine toujours normalement hors de la conscience et de la volonté, ou qu'il s'agisse de l'activité automatique de nos muscles squelettiques qui, dans d'autres conditions, est volontaire et consciente.

**Actions réflexes simples et complexes**

La multiplicité des actions réflexes est extrême et il ne saurait être question de les passer toutes en revue ; nous nous contenterons d'en signaler quelques-unes en plus de celles déjà envisagées. Elles peuvent être simples, la mise en jeu de quelques neurones sensitifs de même nature entraînant l'activation de quelques neurones moteurs, comme dans le réflexe médullaire de la grenouille lors d'une excitation modérée. Autre exemple : le réflexe cornéen ; si l'on vient à toucher la cornée, la paupière se ferme.

D'autres sont complexes, soit qu'un même message sensitif déclenche des effets variés : le

message d'hypertension artérielle provoque un ralentissement cardiaque, une dilatation généralisée des vaisseaux (vasodilatation), une diminution de la sécrétion d'adrénaline par la glande médullosurrénale, une variation du rythme respiratoire ; soit que plusieurs messages sensitifs d'origine variée agissent sur un ou plusieurs effecteurs. Tel est le cas des réflexes qui permettent l'harmonie de nos mouvements aussi bien que le maintien d'une position, notamment la station debout, les *postures*. Il faut, dans tous ces cas, un réglage minutieux de la tension de divers muscles (*tonus*) : lors d'un mouvement, le muscle antagoniste doit se relâcher ; l'équilibre statique est assuré par une contraction permanente adaptée de divers muscles. Cette très délicate régulation est assurée par le jeu des réflexes de posture permettant, par la centralisation dans la base de l'encéphale et le cervelet des messages de tension venant de la sensibilité musculaire, des messages du sens de l'équilibre (appareil vestibulaire de l'oreille) et des messages visuels, d'envoyer à chaque muscle le message moteur qui lui donnera le degré de contraction adapté aux besoins.

On peut distinguer aussi plusieurs classes de réflexes suivant que le réflexe appartient tout entier au domaine de la vie de relation (sensibilité cutanée et musculaire, organes des sens d'une part, muscles squelettiques de l'autre), ou au contraire qu'il se cantonne dans le secteur viscéral, empruntant les voies sensibles et effectrices du système nerveux sympathique. Mais, si ce système est périphériquement indépendant, il possède des centres étroitement imbriqués avec ceux de la vie de relation, d'où la possibilité d'un troisième type de réflexes, type mixte, où un message, venu de la peau ou des sens, provoquera une réponse viscérale, à moins que ce ne soit un message viscéral qui provoque une réponse de la musculature squelettique.

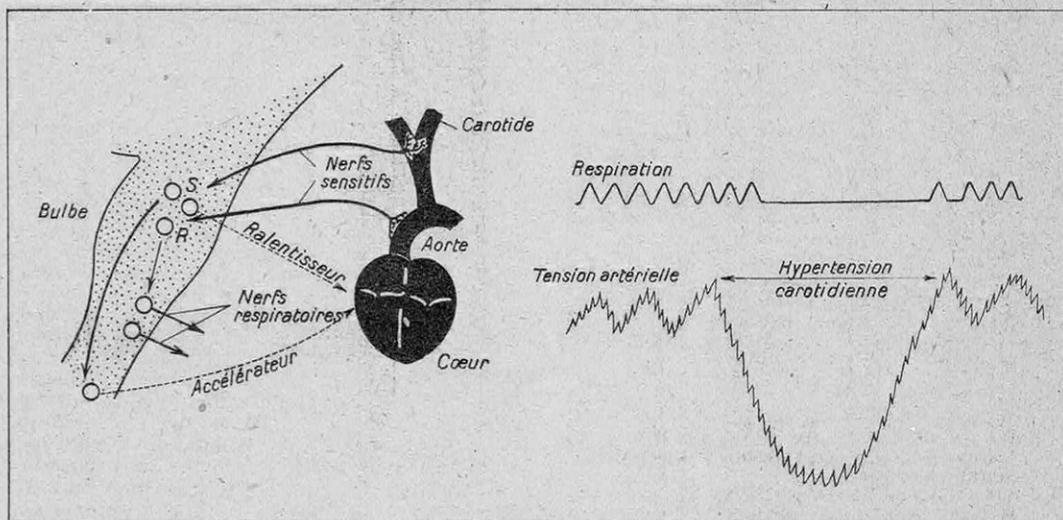


FIG. 2. — SCHÉMA DE RÉFLEXES D'ORIGINE VASCULAIRE

Les nerfs sensitifs venant de la zone cardio-aortique et de la bifurcation carotidienne aboutissent aux centres bulbaires sympathiques S et respiratoires R, qui, à leur tour, agissent sur le cœur par les nerfs ralentisseur (pneumogastrique), accélérateur (orthosympathique), ou sur la respiration. C'est là un des nombreux réflexes provoqués par des « messages » vasculaires. On voit, à droite, l'effet de l'hypertension carotidienne sur le rythme respiratoire et la tension artérielle.

## Actions réflexes ou intervient le sympathique

Insistons un peu sur ces réflexes où intervient le sympathique. Sauf le trajet spécial des voies centripètes et centrifuges qui n'atteignent la moelle ou n'en partent que par l'intermédiaire de nerfs et de ganglions sympathiques, les réflexes purement sympathiques ressemblent aux réflexes ordinaires : le message produit dans les récepteurs sensitifs intestinaux par une distension de la paroi gagne la moelle par le nerf splanchnique, s'y réfléchit en message moteur qui regagne l'intestin. Le seul point particulier réside dans la possibilité de persistance de réflexes viscéraux après destruction des centres encéphalorachidiens. Un fragment d'intestin isolé de l'organisme, et conservé dans un milieu nutritif et des conditions de température et de tension normales, continue à présenter les grandes ondes de ses contractions péristaltiques (1) ; un chien privé de ses nerfs sympathiques ou de sa moelle conserve un fonctionnement viscéral correct. C'est que, outre la possibilité, d'un automatisme propre des muscles viscéraux eux-mêmes, dont l'activité ne serait qu'incoordonnée, avec possibilité d'une régulation chimique hormonale, il existe dans la paroi viscérale des arcs réflexes courts entre neurones sensitifs et moteurs. D'autres réflexes pourraient avoir pour siège les ganglions sympathiques, aussi bien ceux qui sont annexés aux viscères que ceux plus distants (ganglions du plexus solaire ou ganglions de la chaîne sympathique, le long des faces latérales de la colonne vertébrale). La possibilité de tels réflexes ganglionnaires n'est d'ailleurs pas entièrement démontrée.

Depuis Langley, dans ce domaine sympathique, on fait jouer un grand rôle à un processus très spécial qu'on appelle le réflexe d'axone, possibilité d'action réflexe se produisant dans un même neurone entre deux branches de bifurcation de sa fibre (ou axone). Quand l'extrémité d'une fibre est excitée, le message ne se transmet pas seulement vers la moelle ; au niveau des branches de bifurcation, en vertu des lois de conduction de l'influx nerveux, il peut se propager en sens anormal dans ces branches et gagner ainsi d'autres points du viscère où il pourra produire un effet. Excitons chimiquement la peau avec de l'histamine (il en serait de même des substances irritantes déposées par une piqûre de puce) : les fibres sympathiques de ce point sont excitées et par réflexe d'axone toutes les branches de ces fibres vont être activées et provoquer au voisinage une vasodilatation, d'où la rougeur dans une zone bien plus large que la zone directement irritée. Les réflexes d'axone subsistent si on supprime la moelle, mais disparaissent par dégénérescence de la fibre. Les réflexes d'axone sont spéciaux au domaine sympathique (fig. 3).

Le plus bel exemple des réflexes mixtes de la vie de relation sur l'activité viscérale nous est donné par les émotions : toute excitation qui nous étonne, nous effraie, nous cause de la joie ou de la douleur, retentit immédiatement sur le rythme cardiaque, la vasomotricité (rougeur ou pâleur), la sécrétion lacrymale ou urinaire, la motricité digestive, etc. Ce phénomène est un réflexe siégeant dans le thalamus, centre des

émotions, par le fait que s'y concentrent la majorité des messages sensitifs et sensoriels qui sont aiguillés sur les centres voisins qui régissent toute l'activité sympathique. Un chien sans écorce cérébrale, donc sans conscience, continue à manifester des émotions. C'est au-dessus de ce mécanisme réflexe que s'établissent, par suite des relations entre thalamus et écorce cérébrale, les manifestations de l'affectivité consciente. Le cas des excitations douloureuses est assez spécial, car de nombreux arguments tendent à montrer que les fibres centripètes sympathiques y jouent un rôle prépondérant.

Citons encore l'influence réflexe des excitations cutanées thermiques sur la vasomotricité cutanée, l'action réflexe de la lumière sur le diamètre de la pupille réglé par le jeu du sympathique oculaire ; l'appareil vestibulaire d'équilibration est responsable des nausées du mal de mer. L'action réflexe de la sensibilité vasculaire sur les muscles squelettiques respiratoires est un autre exemple de ce même type.

Inversement, toute excitation assez intense dans le domaine sympathique peut amener une perte de connaissance d'origine réflexe, comme, par exemple, lors de l'excitation, par un coup de poing au creux de l'estomac, du plexus solaire. En pathologie il est fréquent qu'une lésion viscérale, une inflammation péritonéale provoque, par voie réflexe, la contracture des muscles de la paroi abdominale.

De telles lésions profondes qui peuvent s'accompagner de douleurs internes mal localisées donnent souvent aussi naissance à une très curieuse douleur superficielle. On sait que, dans les appendicites, la peau de la paroi abdominale est douloureuse en un point bien déterminé qui ne correspond pas toujours au niveau de l'appendice ; il existe un point de côté dans la pneumonie ; dans l'angine de poitrine, le bras gauche est douloureux. Comment expliquer qu'une zone saine souffre parce qu'une lésion lointaine existe ? On admet, en général, que les neurones sensitifs de la vie de relation (peau), correspondant au point d'arrivée dans la moelle des neurones sensitifs sympathiques excités par la lésion viscérale, sont excités à leur tour et que le cerveau interprète le message comme venant de ces neurones qui sont du domaine usuel de la sensibilité consciente, parce qu'il n'est pas habitué à recevoir des messages des neurones sympathiques. Il s'agit d'une douleur réflexe. D'autres hypothèses ont été proposées ; ce serait la contracture réflexe des muscles pariétaux qui serait perçue comme douloureuse, ou il y aurait des perturbations vasomotrices réflexes douloureuses. Ce qui d'ailleurs est le plus étonnant et le moins explicable, c'est que l'anesthésie locale par la cocaïne de cette zone douloureuse supprime la douleur absolument comme s'il s'agissait d'une vraie douleur cutanée (Lemaire).

Sans chercher à nous étendre davantage, signalons encore, parmi les actions réflexes, des phénomènes tels que la toux, l'éternuement, le vomissement, etc...

## L'utilisation médicale des réflexes

Grâce au fonctionnement réflexe, nous possédons la possibilité d'interroger par des excitations périphériques les centres nerveux et de voir s'ils répondent normalement. En cas de manifestation pathologique, nous pouvons aussi essayer de ramener un fonctionnement normal en excitant à distance par voie réflexe, que le

(1) Voir : « La survie des organes isolés » (Science et vie, n° 335, août 1945).

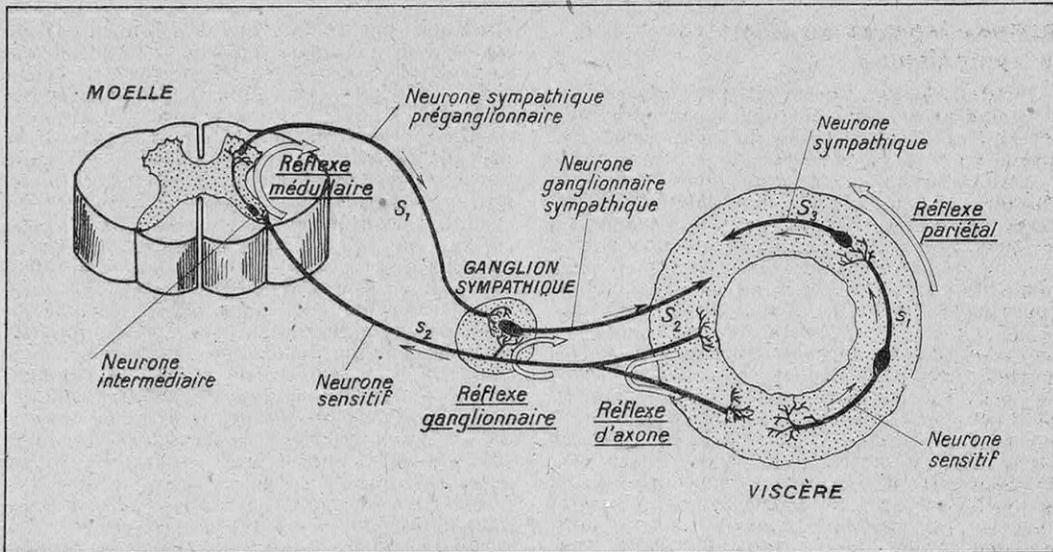


FIG. 3. — LES DIVERS RÉFLEXES SYMPATHIQUES

Dans la paroi même du viscère, le neurone sensitif  $s_1$ , en rapport avec le neurone sympathique  $S_2$ , rend possible le réflexe pariétal, qui subsiste sur l'organe isolé. Le neurone sensitif normal  $s_1$  permet, entre deux de ses branches terminales, le réflexe d'axone. Une de ses collatérales dans le ganglion sympathique sert de base au réflexe ganglionnaire avec le neurone ganglionnaire sympathique  $S_2$ . Enfin, par son extrémité médullaire, en rapport, par un neurone intermédiaire, avec le neurone sympathique préganglionnaire  $S_1$ , il permet le réflexe médullaire. En réalité, les faits sont encore plus complexes, puisque chaque viscère reçoit deux nerfs sympathiques, ortho et para.

trouble soit d'origine centrale, ou qu'il dépende de l'effecteur. Ces deux applications des réflexes à deux temps fondamentaux de la médecine, le diagnostic et le traitement, commandent leur utilisation constante.

### Le diagnostic

Le domaine des divers nerfs sensitifs rachidiens et crâniens permet, par une recherche délicate, de préciser le point où siège une lésion nerveuse. Pratiquement, on déclenche des réflexes tendineux, des réflexes cutanés, des réflexes périostés et des réflexes sympathiques. Quand on frappe avec un petit marteau sur le tendon d'un muscle, il y a excitation de la sensibilité tendineuse et le muscle se contracte par voie réflexe, l'excitation gagnant la moelle. En cas de lésion destructrice de celle-ci au point d'entrée du nerf, le réflexe sera aboli. D'autres fois, le réflexe produit une réaction bien plus forte; on le dit « exagéré », ce qui tient à une hyperexcitation pathologique des centres médullaires. Les réflexes tendineux les plus étudiés sont le réflexe achilléen (contraction réflexe des muscles du mollet quand on percute le tendon d'Achille), le réflexe rotulien (contraction du muscle quadriceps de la cuisse quand on frappe son tendon au genou), le réflexe du triceps brachial au coude. Ces divers réflexes nous renseignent sur des niveaux différents de la moelle (fig. 4). En frappant l'extrémité inférieure des os de l'avant-bras, on provoque aussi des mouvements réflexes.

L'excitation de la peau abdominale avec une pointe mousse entraîne une contraction réflexe des muscles sous-jacents, celle de la plante des pieds une flexion du gros orteil; pathologiquement, en cas de lésion centrale, cette flexion est

remplacée par une extension, ce qu'on appelle le « signe de Babinski », du nom du grand neurologue français qui l'a découvert.

D'autres réflexes se recherchent au niveau de la face: en particulier les réflexes pupillaires (contraction à la lumière), le réflexe cornéen, le réflexe nauséux (attouchement du voile du palais), etc...

L'exploration du domaine sympathique se fait par l'étude du réflexe oculocardiaque: en comprimant les globes oculaires on détermine un ralentissement du cœur plus ou moins accusé suivant l'excitabilité plus ou moins grande du parasympathique, l'un des systèmes antagonistes dont l'ensemble constitue le sympathique; si l'autre système, ou orthosympathique, domine, il peut y avoir accélération cardiaque. Le réflexe solaire, réaction cardiaque quand on appuie fortement sur le plexus solaire (creux de l'estomac) est aussi d'un secours précieux (fig. 5). Ce domaine peut aussi servir à des diagnostics délicats de lésions localisées, par la détermination dans les diverses régions du corps de réactions réflexes sudoripares, horripilatrices (chair de poule) ou vasomotrices (effet d'une raie tracée sur la peau).

Outre ces réflexes provoqués, il est pratique d'observer les phénomènes naturels: réactions vasomotrices (rougeur ou pâleur) spontanées, contractures réflexes des muscles et enfin ces curieuses douleurs cutanées réflexes, indice précis d'une lésion profonde que leur siège permet de localiser: on a pu établir la carte des correspondances entre douleurs cutanées réflexes et atteintes viscérales.

Dans toutes les affections neurologiques, l'étude des réflexes est ainsi précieuse et permet souvent de savoir siège et nature de la lésion.

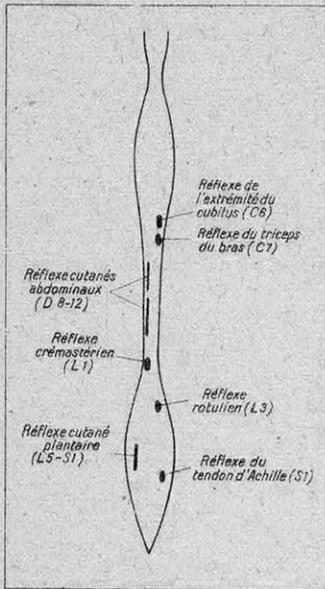


FIG. 4. — NIVEAUX MÉDULLAIRES DES RÉFLEXES CLINIQUES USUELS  
Les lettres et chiffres indiquent le niveau de la moelle: C, moelle cervicale; D, moelle dorsale; L, moelle lombaire; S, moelle sacrée.

vocable générique de *réflexothérapie*. Quand quelqu'un s'est évanoui, on lui fait respirer des corps à odeur violente, on lui donne des gifles, etc.; cela revient, par le déclenchement de puissants messages réflexes excitants, à remettre en fonctionnement des centres inhibés. Toute la réanimation du centre respiratoire chez les asphyxiés, les noyés, les électrocutés est d'ordre réflexe: la respiration artificielle ou les tractions de la langue ont bien pour effet d'amener de l'air dans le poumon, mais, en plus, elles déclenchent de nombreux messages réflexes, notamment ceux de la sensibilité pulmonaire à la tension qui excitent le centre respiratoire.

Bien entendu, une telle thérapeutique ne peut agir sur un centre définitivement lésé, mais simplement en présence d'un *trouble fonctionnel*, une suspension transitoire ou une perturbation de l'activité neuronique. Deux types de réflexothérapie peuvent être distingués: ou on provoque des messages réflexes quelconques, ou on cherche à produire des réflexes précis adaptés au trouble à guérir. Tous les procédés classiques tels que les révulsions, l'emploi des cataplasmes et des sinapismes qui provoquent une vasodilatation cutanée réflexe en regard d'une lésion profonde qu'elles contribuent à guérir et dont elles atténuent la douleur, rentrent dans la réflexothérapie. Un trouble périphérique atténué ainsi un trouble profond, de même que l'anesthésie locale d'une douleur cutanée réflexe, signe d'une lésion profonde, peut supprimer la douleur. Les massages agissent plus par voie réflexe que par voie directe en stimulant la sensibilité musculaire. Quand une articulation est immobilisée, il survient des phénomènes d'atrophie avec troubles cutanés dépendant de

Au cours de l'anesthésie, l'atteinte des divers centres étant progressive, on assiste à une disparition échelonnée des divers réflexes; une bonne anesthésie chirurgicale existe quand disparaît le réflexe cornéen; pousser plus loin l'anesthésie pourrait amener une intoxication mortelle des centres bulbaire.

### La réflexothérapie

En ce qui concerne la *thérapeutique*, nombreux sont les procédés qui peuvent se ranger sous le vocable de réflexothérapie. Quand on a vu le succès certains obtenus par beaucoup d'empiriques et qui ne ressortissent pas tous de la simple suggestion. Toujours il s'agit de l'amendement de troubles fonctionnels, mais, comme dit Abrami, « plus de la moitié des affections dont souffrent les humains sont purement fonctionnelles ». Bien souvent la médecine n'intervient que quand le trouble fonctionnel a fait place à une lésion définitive; le traitement devrait être plus précoce. « Nous en sommes encore, dans ce cadre de la thérapeutique, disait Abrami, à la phase purement empirique... C'est à ceux qui ont sucé le lait de la médecine expérimentale, qui possèdent les moyens de la vérification scientifique, de s'emparer de tout ce qu'il peut y avoir de réel dans toutes les méthodes empiriques. Alors le mystère qui les entoure et dont vit le charlatanisme s'évanouit et les faits réduits à la proportion de phénomènes dont nous aurons pu fixer le déterminisme s'intègrent d'eux-mêmes dans l'arsenal de la science. »

Deux méthodes empiriques revendiquent spécialement le nom de réflexothérapie, la thérapeutique chinoise de l'*acupuncture* et la *sympathicothérapie*. L'*acupuncture* consiste à enfoncer des aiguilles de métal dans des points bien déterminés de la peau qui, d'après l'expérience séculaire des médecins chinois, correspondraient aux divers organes; on peut aussi brûler ces mêmes points (*ignipuncture*). Ainsi présentée la méthode semble vraisemblable, puisque nous avons vu qu'il existe une correspondance entre peau et viscères. Mais cette correspondance bien établie par la science moderne n'a aucun rapport avec celle de la médecine chinoise qui s'appuie sur des théories étranges et métaphysiques relatives à l'existence de lignes de répartition de deux mystérieuses énergies inverses dont les fluctuations causeraient les maladies diagnostiquables par la prise minutieuse des pouls. Cette méthode entraîne des succès, ce qui s'explique puisque, de toute façon, il y a production de réflexes; elle a eu ses heures de vogue en Europe, mais reste purement empirique et sans base expérimentale.

Quant à la sympathicothérapie, si déconsi-

dérée par les chariatans, c'est une réflexothérapie *endonasale*. P. Bonnier a cru démontrer sur des malades qu'on pouvait, en excitant des points déterminés des fosses nasales, atteindre, par l'intermédiaire des fibres du nerf trijumeau, nerf sensible de cette région, tous les centres sympathiques viscéraux bulbaires, donc les divers organes, les divers neurones centraux de ce nerf s'échelonnant tout le long du bulbe. Ainsi une excitation localisée permettrait de guérir les affections viscérales les plus variées. Il est certain que cette excitation est source de réflexes qui peuvent atteindre de nombreux neurones, mais ce qu'on n'a jamais prouvé et est peu vraisemblable, c'est l'existence de localisations électives sur la muqueuse, ce qui n'empêche pas la possibilité d'efficacité thérapeutique, mais sans en faire la panacée promise par les exploitateurs intéressés de la méthode. On tend à admettre aujourd'hui, sans preuve, que les filets nerveux excités appartiennent au sympathique, d'où le nom proposé.

Enfin, au lieu de provoquer des réflexes, on peut aussi tendre à supprimer des réflexes pathologiques causes de troubles en interrompant la voie centripète du message : beaucoup de lésions douloureuses avec troubles vasomoteurs et trophiques (rougeur, ulcération, etc.), disparaissent par des sections portant sur l'innervation sympathique (Leriche), origine des messages réflexes causes des troubles.

**La physiologie des réflexes**

Quelle est la nature du message transmis le long des nerfs sensitifs et des nerfs effecteurs ? Il s'agit d'ondes d'influx nerveux, phénomène longtemps mystérieux, dont on sait aujourd'hui la nature électrique spéciale. L'excitation initiale consiste en une décharge transitoire de la charge électrique positive qui entoure la fibre nerveuse comme toute cellule vivante. Cette dépolarisation se propage ensuite le long du nerf, se présentant comme une onde de forme caractéristique avec un front abrupt (phase de dépolarisation) suivi d'une repolarisation plus lente. Les caractères de l'onde (amplitude, vitesse, durée) dépendent des propriétés spécifiques de la fibre nerveuse. Ce sont les belles recherches du physiologiste anglais Adrian qui ont précisé les caractères du message sensoriel. Celui-ci ne comporte pas une onde unique, mais toujours des trains d'ondes. Quand l'intensité stimulante augmente, l'amplitude ou la vitesse de l'onde, qui ne dépendent que de la fibre nerveuse, ne varient pas ; ce qui change c'est le nombre des fibres nerveuses excitées, d'une part, et, de l'autre, la fréquence des ondes d'influx : plus l'intensité stimulante est grande et plus les ondes du message sont rapprochées (fig. 6). Le même processus intervient pour les messages moteurs. C'est ainsi qu'à l'aide d'un oscillographe sensible (1), Adrian a pu enregistrer les messages déclenchés quand on appuie sur la patte d'un chat ou qu'on la pique avec une épingle. La persistance d'une même stimulation conduit à la disparition des influx, phénomène d'adaptation qui correspond au phénomène bien connu de la disparition de la sensation par contact prolongé. Les mêmes enregistrements ont pu être obtenus sur tous les nerfs sensitifs.

(1) Voir : « Ce qu'a révélé l'oscillographe cathodique appliqué à l'étude des nerfs » (*Science et Vie*, n° 331, avril 1945).

Quand ces ondes d'influx arrivent dans la moelle, à l'extrémité des fibres sensitives, elles se transmettent par delà les synapses aux neurones en contact avec elles, donnant naissance dans ces neurones à un message de même nature. Mais ici intervient un processus d'aiguillage, fonction propre du centre. Une fibre nerveuse est en contact avec de multiples neurones, et cependant le message ne se transmet qu'à certains d'entre eux qui dépendent des circonstances. Quel obstacle se dresse donc pour interdire certaines voies ? Les recherches du physiologiste français L. Lapique ont permis de le comprendre. Les ondes électriques de forme analogue à l'influx ont un optimum d'efficacité excitante quand il existe un *accord chronologique* entre la durée de l'onde excitante et la vitesse fonctionnelle de l'élément excité : une onde brève excite électivement une fibre nerveuse rapide, une onde lente, un nerf lent (fig. 7). Si donc tous les neurones en contact avec un même neurone sensitif n'ont pas la même vitesse fonctionnelle, on comprend que l'influx n'excitera que les neurones chronologiquement accordés avec lui et, comme la constante chronologique de l'influx dépend de la nature du neurone, le passage dépendra de l'accord, de l'égalité entre les constantes de temps des deux éléments en contact (*loi de l'isochronisme*).

Reste à apprécier la constante de temps des neurones ; précisément, il suffit, à l'aide d'un courant électrique artificiel, de les exciter et de déterminer quelle est la durée optimum de leur stimulation pour pouvoir les caractériser chronologiquement. La constante de temps mesurée de cette manière est la *chronaxie* de Lapique (1). Chaque élément excitable se caractérise par sa chronaxie : un élément rapide ayant une chronaxie courte et un élément lent, une chronaxie longue. Pour que l'influx passe, il faut que les

(1) Voir « Les localisations cérébrales » (*Science et Vie*, n° 330, mars 1945).

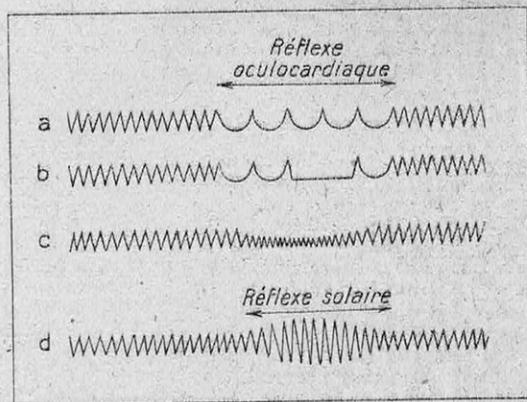


FIG. 5. — EXEMPLES DE VARIATIONS RÉFLEXES DU RYTHME CARDIAQUE

Les trois premiers enregistrements mettent en évidence l'action du réflexe oculocardiaque (par compression des globes oculaires) : a, chez un sujet normal ; b, chez un sujet où domine le système parasympathique (ralentissement exagéré) ; c, chez un sujet où domine le système orthosympathique (accélération). Le quatrième enregistrement se rapporte au réflexe solaire (par compression du plexus solaire).

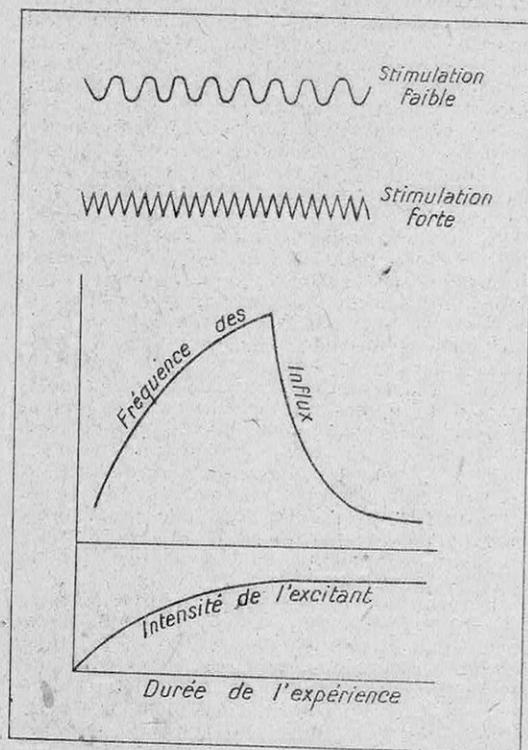


FIG. 6. — LE MESSAGE SENSORIEL.

Les deux premières lignes montrent les ondes d'influx nerveux le long d'une fibre nerveuse sensitive, pour une stimulation faible et pour une stimulation forte. Dans les deux cas, l'amplitude est la même, seule la fréquence diffère. Au-dessous, on voit comment varie cette fréquence avec l'intensité de l'excitant. Lorsqu'une excitation constante persiste, les influx disparaissent par suite du phénomène d'adaptation.

deux neurones aient même chronaxie ; si la différence de chronaxie est trop forte (hétérochronisme supérieur au double d'une des chronaxies), l'influx ne passe plus. Cependant, dans ce cas, une salve d'influx réussit à passer, mais plusieurs influx incidents donnent un seul influx consécutif.

Effectivement, on trouve en pratique cette différence de chronaxie entre les neurones : les neurones moteurs des muscles antagonistes ont toujours une différence de chronaxie du simple au double. Voici un influx sensitif susceptible d'agir également sur neurones extenseurs et fléchisseurs ; la patte est étendue, il ne se transmet qu'aux neurones fléchisseurs, parce que ceux-ci ont la même chronaxie que le neurone sensitif, tandis que les neurones extenseurs ont une chronaxie deux fois plus faible ; si la patte est fléchie, les chronaxies motrices s'inversent, et l'influx sensitif excitera les seuls extenseurs. En pathologie, les sujets qui présentent une inversion du réflexe plantaire (signe de Babinski) ont précisément une inversion chronaxique.

On comprend ainsi comment, parmi les multiples voies possibles, seules certaines sont ouvertes au réflexe ; l'augmentation de l'intensité stimu-

lante permettra, en augmentant la fréquence des influx, d'exciter des neurones de plus en plus nombreux en franchissant des hétérochronismes de plus en plus marqués. Il faut insister sur la variabilité des chronaxies dont nous avons donné un exemple sous l'effet de la posture, car elle permet l'adaptation de la réponse réflexe aux circonstances.

Comment, cependant, expliquer cette remarquable finalité qui fait que, grâce au jeu des chronaxies, la patte étendue va pouvoir se fléchir et inversement ? La régulation chronaxique est, elle aussi, commandée par voie réflexe. Il existe un centre régulateur des chronaxies neuroniques situé dans la base de l'encéphale ; il est doué du pouvoir d'influer sur la polarisation des neurones, facteur de leur chronaxie, et exerce ce pouvoir d'après les messages réflexes qu'il reçoit et qui le renseignent sur les besoins de l'organisme. Quand un muscle est étendu, sa sensibilité propre est excitée et un message gagne le centre régulateur chronaxique qui modifie la chronaxie du nerf de ce muscle.

Comme, normalement, tout muscle est en état tonique de semi-contraction sous l'effet de messages moteurs permanents, d'origine réflexe, la variation de chronaxie de son nerf moteur, si elle crée un hétérochronisme, a pour effet de supprimer ou diminuer ce message tonique : ainsi s'explique que, quand un muscle se contracte, son antagoniste se relâche.

La démonstration de la régulation chronaxique des aiguillages montre l'importance extrême des centres dans le fonctionnement réflexe : ceux-ci ne sont pas seulement un point où se constituent de multiples rapports neuroniques, mais ils ont pour fonction de régler au mieux le trajet et les réponses réflexes ; c'est dans cette fonction physiologique remarquable que réside la principale caractéristique de la machine nerveuse.

### Les troubles des centres nerveux

L'action réflexe est un phénomène automatique dépendant de la structure nerveuse ; cependant la régulation chronaxique introduit une variabilité de la réponse qui lui donne son caractère adapté. Cette réponse peut également être modifiée sous l'effet de perturbation dans l'état des centres. En principe, c'est bien l'onde d'influx centripète qui donne naissance à l'onde d'influx centrifuge, sans que le centre ajoute rien, pas plus que ne le fait un miroir dans la réflexion ordinaire, mais, en pratique, il n'en est ainsi que si les neurones centraux sont dans leur état normal. Nous avons vu qu'en cas d'hétérochronisme une salve d'influx pouvait se transformer en un influx unique ou une salve de fréquence bien plus faible. Inversement, il est des cas où un influx unique peut donner naissance à une salve d'influx, où la fréquence s'accroît en franchissant un synapse (1). Il en résulte une diminution dans un cas, une augmentation dans l'autre, de la réponse réflexe, variabilité observée depuis longtemps et dénommée par Brown-Sequard, *inhibition* pour la diminution, et *dynamogénie* pour l'accroissement, l'inhibition neuronique allant de pair avec une augmentation des chronaxies, la dynamogénie avec une diminution. De multiples causes peuvent intervenir. Après le passage d'un influx, un

(1) Des phénomènes analogues s'observent si le neurone reçoit des influx provenant de fibres sensitives différentes.

neurone présente des fluctuations de son excitabilité ; pendant le fonctionnement d'un réflexe, d'autres réflexes sont inhibés ; il en est de même dans le sommeil qui modifie l'activité réflexe par suite d'une inhibition des centres : le dormeur montre normalement un signe de Babinski atténué et un affaiblissement des réflexes tendineux. Pour la recherche des réflexes chez le sujet éveillé, il faut détourner son attention, sans quoi le réflexe est inhibé. Enfin, les poisons nerveux, agents thérapeutiques à petite dose, sont, eux aussi, inhibiteurs ou dynamogéniques, les deux types en étant le gardénal ou la strychnine. Après strychnine, les neurones centraux tendent à donner des réponses multiples à un influx, les réflexes sont exagérés de façon générale ; comme, d'autre part, les chronaxies sont non seulement abaissées, mais égalisées, il y a tendance à généralisation des réflexes avec production de contractures et convulsions. Après gardénal, au contraire, les réflexes s'affaiblissent ; il faut plus d'influx pour les produire.

Ce ne sont pas seulement des substances chimiques étrangères qui peuvent ainsi modifier l'état des centres, mais aussi des perturbations de l'équilibre humoral de l'organisme : l'asphyxie ou l'hypoglycémie (insuline) exagèrent les réflexes ; l'hyperglycémie a un effet inverse. Les cellules nerveuses, étant vivantes, ne sont pas de simples transmetteurs, mais peuvent manifester leur sensibilité propre.

#### La spontanéité de l'activité nerveuse

L'étude que nous venons de faire des mécanismes intimes de la physiologie réflexe nous a amenés à restreindre leurs caractères d'automatisme ; étant donné un message donné, la réponse n'est pas prévisible entièrement ; il faut connaître la réactivité des centres, facteur qui n'intervient pas dans les machines ordinaires, qui ne sont pas faites de matière vivante. Mais toute réponse nerveuse électrice tire-t-elle

obligatoirement son origine d'un message sensitif transmis ou transformé ? On l'admet en général, mais c'est là trop restreindre les possibilités neuroniques : sous l'effet d'une excitation à laquelle il est sensible, et il s'agit, en général, d'excitation chimique, un neurone peut émettre de lui-même des influx par une *autorythmicité* propre et être ainsi la source de messages qui ne sont plus réflexes. L'exemple le plus net en est le centre respiratoire dont l'activité automatique est manifeste ; si de nombreux messages réflexes peuvent influencer sur son activité, celle-ci dépend fondamentalement de la sensibilité propre de ses neurones qui sont excités par l'augmentation de l'acide carbonique dans le sang et déprimés par la variation inverse.

En dehors de tout message réflexe, les neurones centraux ne sont pas au repos, mais présentent d'incessantes fluctuations de leur polarisation. La faiblesse de ces variations ne permet de les saisir qu'en les recueillant à partir de nombreux neurones fonctionnant synchroniquement : elles constituent les *ondes alpha* recueillies sur l'écorce cérébrale au repos sensoriel, mais on les retrouve sur tous les neurones, la moelle, comme les ganglions sympathiques. L'émission d'influx propagés ne constitue qu'une accentuation de cette activité élémentaire.

La régulation nerveuse inconsciente de notre activité vis-à-vis du milieu extérieur, comme notre motricité viscérale, résulte donc d'un complexe entre des réactions réflexes et des réactions directes des centres. La réponse d'un neurone central dépend normalement de l'interférence entre les multiples messages réflexes qu'il reçoit, les réactions de sa propre sensibilité au milieu ambiant et les modifications imposées par le centre régulateur à sa chronaxie.

L'acte volontaire que nous avons, dès le début, opposé à l'acte réflexe apparaît ainsi simplement comme une manifestation de la spontanéité neuronique, mais liée à certains neurones spéciaux de l'écorce cérébrale. Pour son exécution se pose le même problème d'aiguillage que pour l'activité réflexe, et il reçoit la même solution : le centre régulateur tient sous sa dépendance les chronaxies de l'écorce cérébrale comme les autres chronaxies neuroniques ; il reçoit des renseignements réflexes venus de l'écorce et ainsi assure une régulation chronaxique préalable, ouvrant les voies à l'influx support de l'acte volontaire. Aiguillages nerveux intracérébraux, phénomènes d'inhibition et de dynamogénie interviennent normalement dans la base organique du fonctionnement psychique.

Est-ce à dire que rien dans l'activité volontaire et consciente ne soit comparable à l'acte réflexe ? Ce serait une erreur. Notre cerveau reçoit tous les messages de la sensibilité dite consciente, et ces messages peuvent s'y réfléchir et s'y transformer en actes comme dans la moelle. La différence primordiale réside dans ce caractère spécial de conscience et de volonté qui apparaît ici et qui tient en partie à ce que la coordination des neurones sensitifs cérébraux donne naissance à une image de notre corps dans le milieu, une des bases organiques de la conscience. Une épingle me pique, je la retire, c'est un *vrai réflexe cérébral*. Un tel réflexe diffère du réflexe ordinaire par la plus grande possibilité d'inhibition que présente le cerveau : je puis à volonté empêcher l'aiguillage et retenir ma réponse, inhibition voulue différente de l'inhibition involontaire des réflexes médullaires,

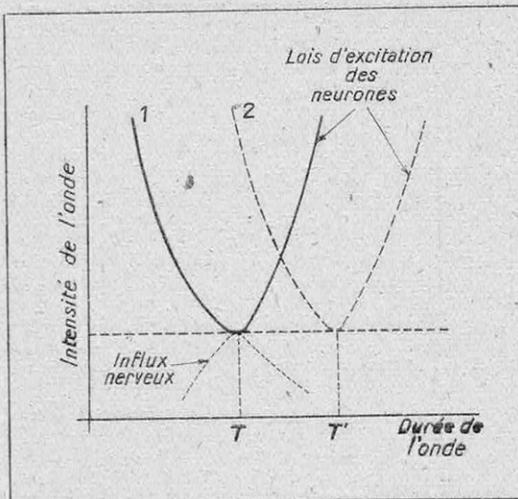


FIG. 7. — L'EFFICACITÉ D'UN INFLUX NERVEUX POUR L'EXCITATION D'UN NEURONE

L'influx nerveux excitateur ne peut agir que sur le neurone 1 dont la loi d'excitation a son optimum en accord avec sa durée, et n'excitera pas le neurone 2, trop lent.

bien que se réalisant par un mécanisme identique. De plus, cette réponse que j'ai pu retenir, je puis la réaliser librement, alors que tout message a disparu ; la réponse n'a plus rien d'un réflexe ; cependant on a pu l'assimiler à un réflexe retardé ; les messages antérieurs laissent une trace dans le cerveau, base de la mémoire, et sont réutilisés par la suite. Il est cependant plus simple d'en faire un cas spécial de dynamogénie. Le souvenir, la pensée entraînent la reproduction dans les neurones cérébraux d'un état favorable à la production d'un message, sans que nous saisissons le rapport qui relie le processus psychique au processus physiologique. Il ne faut pas oublier, en effet, que la plus petite pensée nécessite des aiguillages complexes entre des millions de neurones cérébraux, ce qui en complique singulièrement l'étude.

### L'intelligence et les réflexes

Il n'est rien dans l'intelligence, a-t-on dit avec raison, qui ne vienne des sens, sinon certes l'intelligence elle-même ; les innombrables neurones de l'écorce cérébrale du nouveau-né sont une possibilité de penser qui ne se développera que par l'arrivée des messages des sens, producteurs des réflexes tout d'abord inconscients, d'actions qui elles-mêmes sont sources de réflexes (sensibilité musculaire), et cette activité réflexe aboutira à l'éveil de la conscience (1).

Dans ce développement physiologique, éveil de la pensée pour le matérialiste, insertion de l'esprit dans la matière pour le spiritualiste, conceptions philosophiques qui dépassent la physiologie, ce qui joue un grand rôle, c'est que

(1) Chez l'animal, une réduction massive des messages sensoriels arrivant à l'écorce cérébrale produit infailliblement le sommeil.

le cerveau, par son grand nombre de neurones, a de bien plus grandes possibilités de réflexes et d'aiguillages que les autres centres, donc de confrontations entre messages venant des divers centres. Un message quelconque peut ainsi arriver à provoquer systématiquement une réponse quelconque. Un fruit porté par hasard à la bouche fait saliver ; après quelques répétitions de ce réflexe banal, la vue du fruit amènera la salivation, réflexe entièrement nouveau. De même, on apprendra à réagir au nom de ce fruit. Ces nouveaux réflexes, base de l'éducation, sont nommés, depuis Pavlov, qui les a bien étudiés, *réflexes conditionnés*. Les phénomènes d'inhibition et de dynamogénie jouent un rôle fondamental dans leur fonctionnement. On apprend ainsi, par formation successive de nouveaux réflexes, à se servir de son cerveau ; particulièrement importante est l'acquisition du langage, qui se fait par le même processus et qui rend possible la pensée abstraite. Dès lors, un souvenir sera apte à réaliser par réflexe conditionné les mêmes aiguillages que le message sensitif primitif. Par leur répétition incessante, les réflexes conditionnés cérébraux atteignent à une précision remarquable, si bien qu'un acte délicat est souvent mieux accompli machinalement et par habitude qu'en y appliquant son attention.

Nous voyons, en définitive, que, si l'activité réflexe inconsciente s'oppose à l'activité volontaire, cette opposition n'est pas aussi fondamentale qu'on pourrait le croire, puisque les mêmes processus nerveux interviennent dans les deux cas, qu'une certaine spontanéité inconsciente peut modifier les réflexes élémentaires, et qu'enfin une grande part de l'activité psychique repose sur ces associations de réflexes supérieurs que sont les réflexes conditionnés.

Paul CHAUCHARD.

Les aciers à haute teneur en silicium possèdent de précieuses propriétés du point de vue résistance à la corrosion, aux hautes températures et à l'usure. Mais ils présentent une très grande fragilité, et leur emploi a été, pendant longtemps, limité aux pièces moulées par suite de l'impossibilité de les usiner. Aussi a-t-on pensé à réaliser, pour certaines applications, des pièces dont le cœur serait en acier doux et la couche superficielle seule fortement siliciée, c'est-à-dire à obtenir une véritable *cémentation au silicium*, au lieu de la classique cémentation au carbone. Elle est actuellement appliquée aux États-Unis sur une échelle industrielle d'après le procédé H. K. Ihrig, qui utilise comme source économique de silicium le carbure de silicium amorphe, sous-produit de la fabrication du carbure cristallin utilisé comme abrasif (carborundum). Ce produit, en présence de chlore, libère le silicium à température modérée. La cémentation s'effectue dans une cornue rotative (un tour pour deux ou trois minutes) chauffée électriquement (1 000° C environ), dans laquelle le chlore accède par des tubulures disposées aux deux extrémités. On obtient ainsi (*Revue du Chauffage électrique*) une couche siliciée de 0,38 mm en trente minutes, 0,9 mm en deux heures, 1,25 mm en trois heures. Ce procédé paraît d'une mise en œuvre simple et peu coûteuse. Il a été appliqué, aux États-Unis, à de très nombreuses pièces : arbres de pompes à eau pour moteurs à combustion interne, collecteurs d'échappement de moteurs à explosion installés sur des navires, en contact avec l'eau de mer, chaînes de marine, boulons et écrous utilisés dans l'industrie chimique, les raffineries de produits pétroliers, les papeteries, etc... Il conviendrait, d'une manière générale, aux pièces soumises à un travail mécanique dur ou exposées à la corrosion à haute température.

# OBSTACLES AUDIBLES ET PAROLES VISIBLES

par P. HÉMARDINQUER

De nouveaux dispositifs ont été mis au point au cours de ces dernières années, qui, tels les radiophares ou le radar, permettent aux navires ou aux avions de fixer leur position ou de détecter les obstacles qui les entourent, même lorsque la nuit ou le mauvais temps rend la visibilité nulle. Il était naturel que l'on songeât à faire appel aux ressources de la technique électronique pour attaquer le problème analogue que pose la cécité et qui n'a encore jamais pu être résolu. Les ingénieurs du Signal Corps américain (analogue à notre Service des transmissions) viennent d'étudier un appareil qui permet aux aveugles de se diriger, ou tout au moins de reconnaître et d'éviter les obstacles. Parallèlement, les progrès les plus récents de l'électro-acoustique et de la télévision ont été utilisés par les ingénieurs des Téléphones Bell pour réaliser un appareil très ingénieux permettant à tous les déficients de l'ouïe, particulièrement aux sourds-muets, d'étudier et de distinguer visuellement les sons et les paroles émis dans leur voisinage. Ce sont là deux réalisations précieuses et sans doute encore perfectibles, qui contribueront à libérer aveugles et sourds, après le temps d'apprentissage indispensable, de très pénibles servitudes.

## Le problème de la direction des aveugles

La privation de la vue chez les aveugles s'accompagne normalement d'un grand développement de l'ouïe et du toucher, et, depuis fort longtemps, on a songé à utiliser cette constatation pour permettre à l'aveugle d'éviter les obstacles. En fait, aucun appareil de guidage vraiment pratique n'a pu être établi, et seuls les « chiens d'aveugles » spécialement dressés ont pu rendre quelques services dans des cas assez restreints. Cette méthode de guidage primitive semble d'ailleurs abandonnée pour des causes assez diverses.

L'accroissement du nombre des aveugles de guerre, aux États-Unis surtout, a de nouveau attiré l'attention sur ce problème. Les données en ont été étudiées rationnellement par les ingénieurs des laboratoires militaires américains.

Il s'agit de réaliser un appareil automatique constituant un « chien d'aveugle » perfectionné, indiquant à son maître les montées et les descentes du terrain, lui faisant connaître s'il suit une ligne droite ou une courbe.

Les obstacles immédiats doivent être détectés à une distance minimum variant entre 0,90 et 1,80 m pour éviter les risques de collision. L'aveugle doit avoir une représentation approximative de l'espace environnant et se rendre compte des obstacles se trouvant à une distance maximum de l'ordre de 9 à 10 m, dans un cône de quelques degrés. Il doit, en général, pouvoir obtenir, avec une rapidité convenable, des indications sur la direction dans le sens horizontal et vertical, en employant un équipement de dimensions et de poids assez réduits, dont l'usage ne doit pas gêner non plus une audition normale.

## Les « chiens d'aveugles » électriques

Le guidage des aveugles peut être réalisé ainsi grâce aux procédés qui ont permis la direc-

tion des avions ou des navires et le repérage des obstacles au moyen des modernes radars.

Il était possible, en principe, d'avoir recours aux ondes radioélectriques, aux ultra-sons et aux phénomènes photoélectriques. Des essais comparatifs ont amené à choisir la méthode photoélectrique.

Le principe sur lequel est fondé le fonctionnement de cet appareil réduit de guidage photoélectrique consiste dans la triangulation optique.

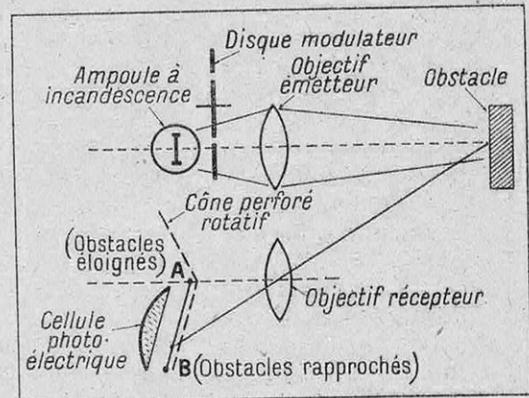


FIG. 1. — PRINCIPE DE LA DÉTECTION PHOTOÉLECTRIQUE DES OBSTACLES

Une ampoule à incandescence envoie un flux lumineux concentré par un objectif émetteur et qui se réfléchit sur l'obstacle. Le faisceau réfléchi frappe un objectif récepteur et agit sur une cellule photoélectrique après avoir traversé un cône métallique rotatif, perforé suivant un code déterminé. Le faisceau lumineux vient frapper le cône suivant la ligne AB, à une distance du point A variant suivant la distance de l'obstacle. Il en résulte une variation du signal optique agissant sur la cellule.

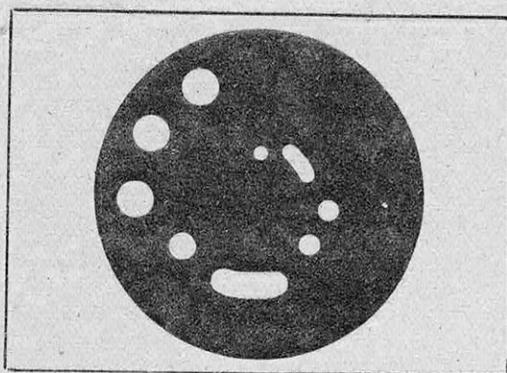


FIG. 2. — EXEMPLE DE CONE PERFORÉ SUIVANT UN CODE DÉTERMINÉ ET PERMETTANT D'OBTENIR DES SIGNAUX AUDIBLES BIEN DISTINCTS SUIVANT LA DISTANCE

Une petite lampe à incandescence à filament de tungstène est placée au foyer d'un objectif et permet d'obtenir un pinceau de lumière très mince, émis suivant l'axe du système (fig. 1). Ce pinceau lumineux frappe les obstacles qui

se trouvent devant l'appareil et, après réflexion, tombe sur un deuxième objectif inférieur. L'image du filament incandescent est finalement projetée sur la cathode d'une cellule photoélectrique.

Si les axes des deux objectifs sont parallèles, le lieu des points-images ainsi formés correspondant à des points-objets placés à des distances différentes est une ligne A B pratiquement perpendiculaire à l'axe de l'objectif de réception. Suivant la distance de l'obstacle, la position de l'image du filament varie ainsi le long de cette ligne, et le problème de la détermination de la distance de l'obstacle revient à déterminer les variations de position de l'image le long de cette ligne.

Dans ce but, les rayons lumineux réfléchis par l'obstacle sont interrompus mécaniquement avant qu'ils n'atteignent la cellule photoélectrique. L'interruption est réalisée par un cône assez plat rotatif, en métal, portant des perforations, ou un film de densité variable, qui se déplace à vitesse constante.

La génératrice du cône coïncide avec la ligne AB précédente, et l'axe est parallèle à celui de la lentille réceptrice.

Il se projette ainsi sur la cellule un pinceau

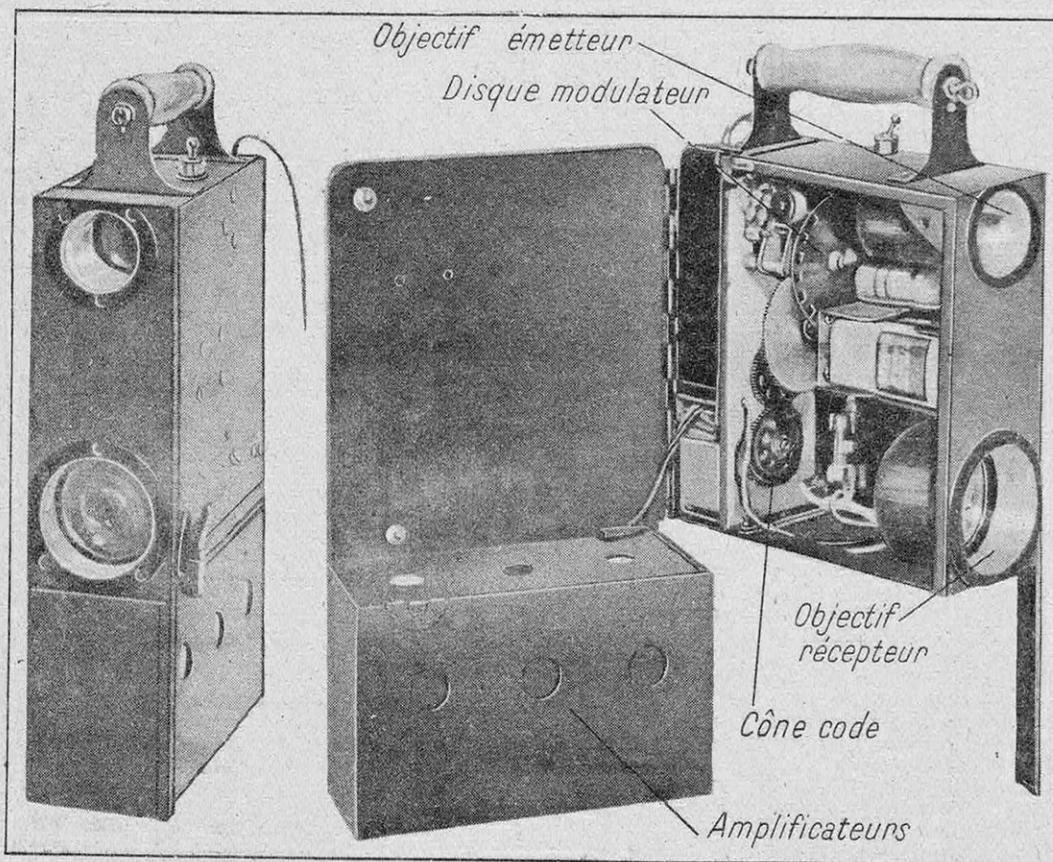


FIG. 3 ET 4. — LE DÉTECTEUR PHOTOÉLECTRIQUE POUR AVEUGLES

Cet appareil, qui pèse moins de 4 kg, peut être facilement tenu à la main. Un faisceau lumineux modulé à la fréquence de 500 périodes par seconde est émis par la lentille supérieure; il se réfléchit sur les obstacles environnants et est reçu par la lentille inférieure. Les signaux audibles sont perçus à l'aide d'un écouteur très réduit (type prothèse auditive), donnant à l'aveugle des indications nettes sur la direction et la distance des obstacles.

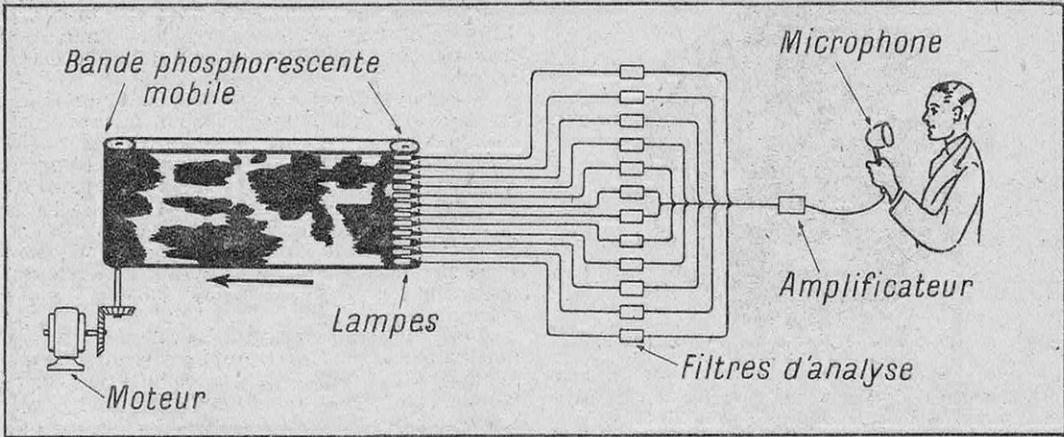


FIG. 5. — L'APPAREIL A PAROLES VISIBLES DES LABORATOIRES BELL

Le professeur parle devant un microphone. Les courants microphoniques amplifiés sont sélectionnés par une série de filtres passe-bande et actionnent des ampoules lumineuses à gaz rare qui impressionnent un large ruban sans fin mobile enduit d'un composé phosphorescent. Des images sonores caractéristiques et lisibles apparaissent alors sur ce ruban.

lumineux, interrompu d'une façon variable suivant la position de l'image lumineuse du filament sur le cône et, par conséquent, suivant la distance de l'obstacle. Ces variations lumineuses sont ensuite traduites en variations électriques pouvant agir sur un écouteur téléphonique.

Le cône, ou le disque rotatif, doit porter des perforations destinées à produire des signaux optiques transformés ensuite en signaux acoustiques suivant un code étudié à l'avance. On voit sur la figure 2 un exemple de solution adoptée.

Les rayons réfléchis provenant d'un obstacle rapproché produisent trois signaux brefs et rapprochés, suivis d'un silence à chaque tour de disque. Lorsque l'obstacle est plus proche, le signal consiste en un point et un trait ; puis en deux points, un trait et un point. L'amplitude relative des signaux donne également des indications sur la distance.

**Emploi pratique du détecteur pour aveugles**

L'ensemble de cet appareil de guidage photo-électrique a pu être établi dans un coffret ne pesant guère que 4 kg et de la dimension d'un gros livre facilement transportable à la main. Les indications audibles sont données par un écouteur téléphonique de petites dimensions du type employé dans les appareils de prothèse auditive (fig. 3).

Pour obtenir ces signaux audibles, le faisceau lumineux qui vient se réfléchir sur l'obstacle est modulé initialement à la fréquence constante de 500 périodes par seconde, de façon à obtenir, à la sortie de la cellule, un courant à fréquence musicale. Cette modulation est obtenue avec un disque perforé rotatif entraîné par le même moteur que le cône (fig. 4).

La cellule est reliée à un préamplificateur à lampe pentode, suivi d'un amplificateur à trois étages en cascade, et toutes les pièces de l'appareil ont été spécialement étudiées afin d'assurer un fonctionnement mécanique durable et sûr.

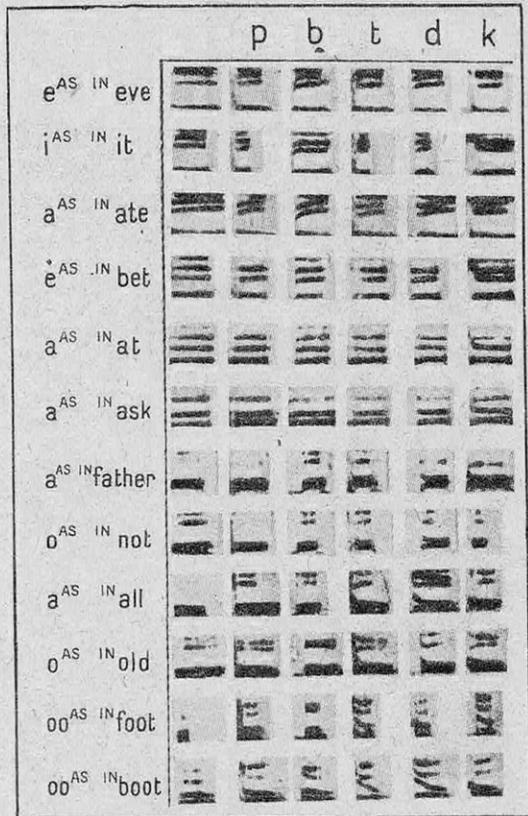


FIG. 6. — LES IMAGES SONORES DE L'APPAREIL BELL

Ces quelques exemples montrent que chaque image est bien caractéristique du son qu'elle représente. On peut ainsi réaliser un véritable alphabet phonétique que l'élève n'a plus qu'à apprendre.



FIG. 7. — L'OSCILLOGRAPHÉ CATHODIQUE APPLIQUÉ A LA TRADUCTION VISUELLE DE LA PAROLE

On voit ici un sourd complet suivant une conversation par téléphone à l'aide d'un « traducteur cathodique ».

Les obstacles sont décelés à une distance minimum de 0,90 m. Les indications successives sur les distances s'échelonnent à 1 m, 1,50 m, 2,10 m, 3 m, et 6 m. La distance séparant les axes des lentilles est de l'ordre de 13<sup>cm</sup>.

Il était nécessaire d'éviter complètement les troubles dus à des effets lumineux extérieurs et, en particulier, l'action des sources de lumière artificielle modulées, aux États-Unis, à 120 périodes, le courant du secteur ayant une fréquence de 60 périodes. Il a donc fallu prévoir des filtres correspondants et étudier également les caractéristiques des ouvertures et des diaphragmes du disque de modulation, pour réduire le bruit de fond.

### La parole visible

L'invention du téléphone par Alexander Graham Bell date de quelque soixante-dix ans. Elle a été réalisée, nous dit-on, à la suite des travaux entrepris par ce chercheur pour établir un appareil permettant d'atténuer les effets douloureux de la surdité de sa femme.

Les ingénieurs de la Cie des Téléphones Bell, qui porte le nom du célèbre inventeur, se sont peut-être rappelés ces faits lointains, en étudiant un appareil très original permettant aux sourds de distinguer les sons et les paroles, non par l'audition, mais par la vision, et de lire, en quelque sorte, les sons et la voix humaine.

L'enregistrement des sons musicaux et des paroles est actuellement une opération courante, qui peut être réalisée suivant des méthodes assez différentes.

On inscrit les sons, sous forme d'oscillogrammes, de profondeur ou de largeur variable, à la surface des disques phonographiques en matière plastique. On les photographie sur des films sensibles sous forme d'images, de surface ou de densité photographique variable ; c'est

grâce à ce dernier procédé qu'on sonorise les films cinématographiques.

Depuis très longtemps également, on enregistre les sons et les paroles dans les laboratoires de phonétique, non en vue de leur reproduction ultérieure, mais uniquement pour en étudier les caractéristiques.

Toutes ces images ou ces dessins photographiés ou gravés, et qui représentent des sons musicaux ou des paroles, n'ont pas une signification visuelle précise et immédiate pour un profane. Ils ne sont pas lisibles, en quelque sorte, et ne peuvent servir à l'instruction visuelle d'une personne non exercée.

Pour permettre à des déficients de l'ouïe de lire des images sonores de ce genre, il fallait constituer, en fait, un alphabet phonétique dont les signes permettent de discerner immédiatement les différences de tonalité, la longueur ou la brièveté des syllabes et même l'accentuation plus ou moins appuyée de chaque mot. Il s'agissait d'établir un dispositif isolant, en quelque sorte, chaque son et l'imprimant sous forme d'un graphique aisément lisible par un observateur quelconque.

### Le ruban phosphorescent parlant

Les ingénieurs des laboratoires Bell ont obtenu le résultat cherché en réalisant plusieurs dispositifs distincts ayant le même but.

Le premier comporte un large ruban phosphorescent, entraîné horizontalement à vitesse constante devant les yeux de l'observateur, assez lentement pour permettre une observation facile, et suivant le rythme même de la parole (fig. 5).

Le professeur, ou l'interlocuteur, parle devant un microphone ; les courants microphoniques amplifiés sont transmis à une série de filtres d'analyse, accordés chacun sur des fréquences distinctes et inférieures à 3 000 cycles. Chacun de ces filtres passe-bande, laissant ainsi passage à une bande de fréquences musicales bien déterminée et relativement étroite, est relié à une petite ampoule à luminescence à gaz rare. Toutes les ampoules sont montées les unes au-dessus des autres, dans une colonne verticale.

Le ruban mobile est enduit d'un composé phosphorescent, retenu par une bague plastique ; il se déplace autour de la colonne verticale contenant les ampoules, et il est ainsi soumis à l'action de la luminescence modulée produite par elles. Des « images sonores » apparaissent sur sa surface et demeurent sur elle par phosphorescence pendant le déplacement latéral, ce qui permet à l'observateur de les étudier.

Un deuxième tambour vertical d'entraînement placé à gauche contient une ampoule à rayons infrarouges, dont l'action supprime la phosphorescence du ruban et le rend prêt à un nouvel enregistrement.

La principale différence de ces images sonores avec celles qui sont inscrites, par exemple, sur les films parlants consiste dans la superposition

de signes *distincts* constituant des ensembles tous différents et d'aspect très reconnaissable (fig. 6).

### L'emploi du tube cathodique

Les ingénieurs des laboratoires Bell ont également réalisé un autre dispositif du même genre, servant plus spécialement à l'instruction d'un groupe d'élèves, et dans lequel on emploie un tube spécial à rayons cathodiques. L'ampoule de ce tube est enduite d'un composé phosphorescent, sur une bande assez large, et elle tourne lentement, de façon à exposer constamment cette bande aux regards de l'observateur. Le pinceau électronique balaye verticalement cette bande et imprime sur sa surface des images sonores correspondant aux courants provenant des filtres des circuits microphoniques précédents.

Un autre appareil, enfin, permet d'obtenir des enregistrements permanents; les sons sont d'abord enregistrés sur une boucle de ruban magnétique et ensuite répétés et inscrits, à l'aide d'un stylet explorateur, sur un tambour recouvert d'un papier spécialement imprégné.

### Les divers usages de la machine à lire les paroles

Une question essentielle pour le sourd-muet, qui n'est pas muet de naissance, mais uniquement parce qu'il n'a jamais entendu de paroles, consiste à discerner sa propre voix et celle des autres, pour apprendre à parler. Les méthodes

employées jusqu'ici permettent bien à l'infirmes de s'exprimer, mais sa voix reste généralement monotone, souvent désagréable et difficile à comprendre. C'est pour lui dans la vie un sérieux handicap.

Il existe, aux États-Unis seulement, 20 000 enfants sourds-muets. On comprend donc l'importance de ce problème. Le petit sourd-muet, privé du moyen naturel qui permet à un enfant normal d'apprendre à parler en écoutant les grandes personnes, ne peut retenir que 6 mots environ pendant la première année de son éducation dans un institut spécial. Il rétient 50 mots environ pendant les trois premières années, ce qui est infime par rapport aux 3 000 mots qu'apprend d'habitude un enfant normal pendant le même temps.

Les images sonores de la machine à lire les paroles permettront à l'élève sourd-muet de comparer immédiatement les paroles de son maître avec celles qu'il prononce lui-même, de reconnaître les défauts de sa prononciation, de chercher à améliorer constamment les résultats qu'il obtient.

La machine rendra également des services aux sujets normaux. Les paroles enregistrées peuvent être imprimées dans des livres, en correspondance avec le texte; elles accéléreront avec plus de précision les particularités des dialectes, permettront l'amélioration et la correction de la prononciation des langues étrangères et serviront ainsi à l'enseignement des langues.

P. HÉMARDINQUER.

# A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### LE MONOPOLE DE LA QUININE

La production de la quinine était virtuellement, avant la dernière guerre, un monopole des Indes néerlandaises, qui, en 1938, avaient fourni 11 000 t d'écorce de *Quinquina Ledgeriana* sur un total mondial de 13 000. Il semble qu'aujourd'hui ce monopole ait pris définitivement fin. D'une part, la culture du quinquina a connu, du fait de l'occupation

japonaise des Indes néerlandaises, une extension importante en Bolivie, sous l'impulsion américaine, aux Indes britanniques, sous celle des Anglais, et également au Guatemala, à Costa-Rica, à Cuba, au Congo belge et au Tanganyika. Des usines de traitement de l'écorce de quinquina sont en fonctionnement en Bolivie et au Congo belge (Costermansville). D'autre part, les substituts synthétiques de la quinine sont maintenant fabriqués sur une grande échelle, et c'est là, pour la production indonésienne, que se trouve la menace

la plus grave. On fabrique annuellement, aux États-Unis, 100 t environ de succédanés, tels que l'*atébrine*, qui équivaldraient à quelque 400 t de sulfate de quinine (les Indes néerlandaises et la Hollande réunies en exportaient annuellement 60 t avant guerre). En outre, la Grande-Bretagne fabrique un nouvel antimalarique, la *paludrine*. Quant à l'U. R. S. S., des informations dignes de foi précisent que la production d'antimalariques synthétiques doit être développée au cours des années prochaines.

## MICA ARTIFICIEL ET MICA SYNTHÉTIQUE

PARMI les procédés employés par les Allemands pour remédier à la pénurie de certains produits indispensables aux fabrications de guerre, procédés étudiés par les services techniques qui accompagnent les troupes d'occupation anglo-américaines, on en signale deux pour fabriquer le mica, isolant qu'on croyait irremplaçable dans la construction électrotechnique : les Allemands ont fabriqué, en effet : 1° un mica artificiel, qui ne ressemble guère au mica naturel, mais qui a été très largement employé dès 1941 ; 2° un mica vraiment synthétique, car il renferme les mêmes constituants que les micas naturels.

### 1° Mica artificiel.

On utilise la fibre de verre sous la forme de fils retordus qui ont un diamètre de 15 à 22 microns, avec lesquels on tisse une toile pesant 125 à 135 g au mètre carré. Le verre qui sert à fabriquer la fibre doit contenir 6 à 9 % d'alcalis (soude et potasse). La toile ne doit pas perdre plus de 4,5 % de son poids quand elle a été portée à 450° C pendant dix minutes ; cette perte de poids correspond à la destruction de l'huile d'« ensimage » (employée pour faciliter la filature et le tissage), dont la présence gênerait les traitements ultérieurs.

Cette toile de verre est imprégnée d'un mélange homogène composé de résinol, d'alcool supérieur et de kaolin très pur, obtenu par électrophorèse dans l'eau (1). L'imprégnation s'effectue dans un four vertical de 7 m de hauteur, dans lequel la toile, se déplaçant à la vitesse de 1 m par minute, est portée, pendant son mouvement ascendant, à une température qui ne doit pas dépasser 120°, passe entre deux cylindres d'écartement réglable, de façon à ne retenir que 420 g du mélange d'imprégnation par mètre carré, et se refroidit pendant son mouvement descendant.

La toile imprégnée est débitée en bandelettes et repliée sur elle-même, de façon à

(1) L'électrophorèse utilise le déplacement, sous l'action d'un champ électrique, des particules électrisées d'une solution colloïdale, que l'on recueille sur des électrodes appropriées.

obtenir un coupon de toile de trois épaisseurs mesurant 50 cm sur 9,5 cm. Ces coupons sont moulés par trois, sous pression, portés à 210° pendant quatre heures, pour expulser l'alcool, qui est récupéré, et soumis enfin dans leur moule, pendant cinq minutes, à une pression de 350 kg/cm<sup>2</sup> et à une température de 160°. Ils ont alors une épaisseur, désormais invariable, de 55 microns (à 1 centième de micron près).

Le mica artificiel ainsi obtenu résiste indéfiniment à une température de 250° et temporairement à 320°. Il n'est pas hygroscopique et peut résister à une décharge disruptive de plusieurs milliers de volts.

L'outillage nécessaire à cette fabrication est simple et peu coûteux ; c'est à peu près celui qu'utilisent les fabricants de matières plastiques à base de phénols.

### 2° Mica synthétique.

L'analyse des micas naturels qui étaient d'usage courant en Allemagne a montré que leur composition qualitative et quantitative est assez variable. Les Allemands ont obtenu d'excellents résultats en fondant dans un creuset de platine de 3 mm d'épaisseur, ou mieux dans un creuset de graphite de 8 cm d'épaisseur, les matières premières nécessaires : silice (35 à 39 %) ; sesquioxides d'aluminium, de fer, de chrome et de vanadium (11 à 12 %) ; protoxydes de magnésium, de fer, de manganèse et de zinc (0,29 à 3,5 %) ; fluosilicates de

sodium et de potassium (11 à 13 %) ; fluorures de sodium et de potassium (6 à 7 %).

Le creuset de graphite est chauffé électriquement au moyen de résistances en corundum, ou mieux avec du gaz de gazogène comme dans les fours de verrerie modernes. On opère en atmosphère réductrice, à forte teneur en oxyde de carbone, pour empêcher la combustion du graphite.

Le mica artificiel peut être obtenu clivable comme le mica naturel, en soumettant le creuset contenant le mélange fondu à un champ magnétique uniforme de direction perpendiculaire à l'axe du creuset et en ralentissant à l'extrême le refroidissement entre 1 270° et 1 230° ; après quoi, le refroidissement peut être poursuivi rapidement, jusqu'à la température ordinaire. On a obtenu ainsi des plaques mesurant jusqu'à 9 cm de longueur au laboratoire et 30 cm en fabrication industrielle.

## WISEURS INFRAROUGES

UN nouveau « viseur électro-nique », dont les Japonais eurent particulièrement à se plaindre dans leurs tentatives d'infiltrations nocturnes, a été utilisé par les Américains pour le tir sans visibilité.

Cet appareil, appelé « sniper scope » (fig. 1), tire son nom du mot *sniper* qui,

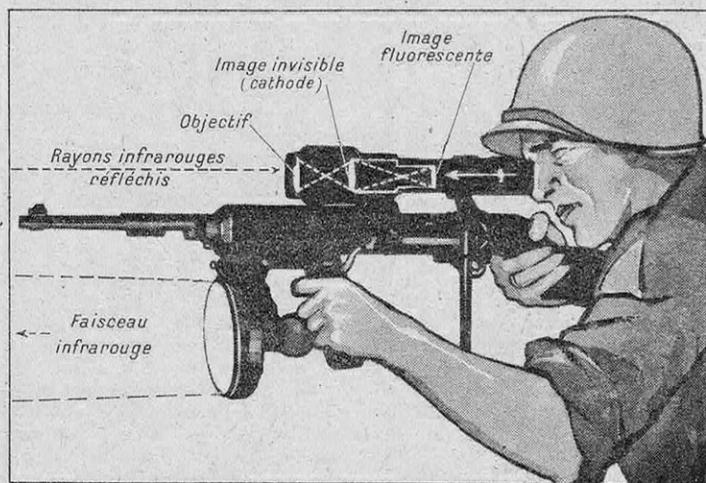


FIG. 1. — FUSIL AMÉRICAIN AVEC VISEUR INFRAROUGE



FIG. 2. — LE « SNOOPERSCOPE » A RAYONS INFRAROUGES

sans équivalent français, signifie à peu près « tireur d'élite à l'affût ». Il est monté sur le fusil, et il suffit au tireur de regarder à travers ce télescope perfectionné pour observer une image verdâtre, mais brillante et nette, des objets situés devant lui.

Son principe est fondé sur l'emploi des rayons infrarouges, dont un faisceau est émis par une source fixée à l'appareil et recouverte d'un écran noir ; ce faisceau va « éclairer » l'objectif, sans que celui-ci, s'il s'agit d'un soldat ennemi, s'en aperçoive. L'objectif du télescope reçoit une partie des rayons réfléchis et forme, sur un premier écran, une image invisible. Par effet photoélectrique, cet écran émet un faisceau d'électrons qui, concentrés sur un second écran, donnent une « image électronique » visible de l'objet initial : ce deuxième écran est, en effet, recouvert d'une substance qui prend une

teinte verte très brillante lorsqu'elle est frappée par les électrons.

Un appareil de principe identique, connu sous le nom de « snooperscope » (fig. 2), a été utilisé par l'infanterie lors des derniers combats dans le Pacifique. Fixé sur un casque spécial, il permet aux sentinelles de détecter les patrouilles ennemies par les nuits les plus sombres. La portée est de l'ordre de 40 mètres.

### LE DÉCAPAGE PAR L'HYDRURE DE SODIUM

Le décapage des métaux minéraux (acide sulfurique le plus souvent) présente un grave inconvénient : l'acide dissout bien la croûte d'oxydes très adhérente qu'on se propose de faire disparaître,

mais, même très dilué, il attaque aussi le métal sous-jacent, d'où perte de métal (pouvant atteindre 3%), qui passe dans le bain de décapage, et consommation inutile d'acide. On a essayé de remédier à cet inconvénient : les procédés électrolytiques donnent satisfaction dans quelques cas, mais ils sont coûteux, compliqués, et manquent de souplesse ; l'adjonction au bain de décapage d'un composé organique approprié limite bien l'attaque du métal, mais ne la supprime pas complètement ; l'action est irrégulière, et le procédé reste encore assez coûteux. Dans tous les cas, le décapage est long et doit être surveillé.

Le procédé à l'hydrure de sodium ne présente aucun de ces inconvénients. Mis au point par la société américaine Dupont de Nemours, il a été appliqué systématiquement et en secret pendant la guerre.

La pièce à décapier est plongée dans de la soude caustique fondue et portée à 400°, renfermant 1,5 à 2 % d'hydrure de sodium. La soude n'intervient pas dans la réaction qui consiste en une réduction d'une partie des oxydes par l'hydrure de sodium avec formation de soude. La durée de l'immersion, qui dépend de la nature et de l'épaisseur de la pièce, et de l'épaisseur de la couche d'oxydes, varie entre quelques secondes et vingt minutes. A la sortie du bain, aucun résultat n'est apparent, mais, si l'on plonge aussitôt la pièce toute chaude dans l'eau, la couche d'oxyde se détache instantanément avec la plus grande facilité, par suite du dégagement abondant de vapeur et d'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau par le sodium, qui est toujours en excès dans l'hydrure. Il suffit alors de passer rapidement la pièce dans de l'acide très dilué, pour neutraliser les traces de soude restée adhérente au métal, qui apparaît alors avec son éclat caractéristique ; la pièce subit ensuite les mêmes opérations que si elle avait été décapée à l'acide. Le métal provenant de la réduction des oxydes se trouve dispersé dans la partie non réduite de la couche d'oxydes et peut être récupéré s'il est précieux.

Pour préparer l'hydrure de sodium, seul produit consommé

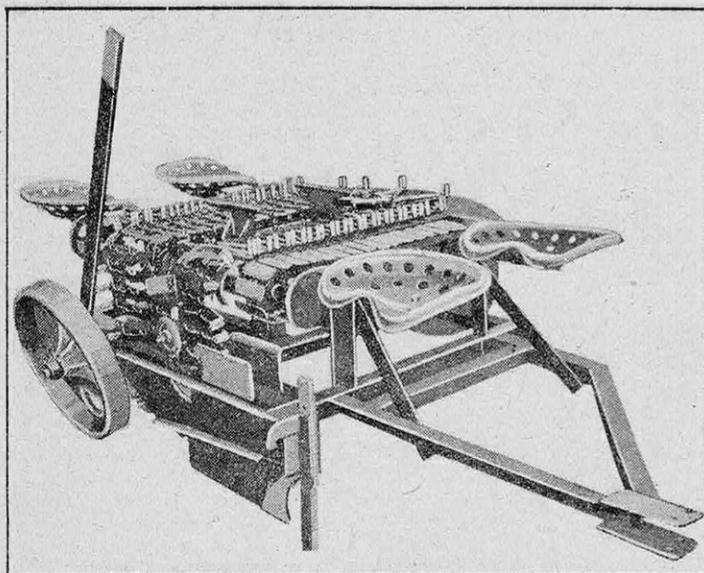


FIG. 3. — MÉCANISME DE LA MACHINE A PLANTER « ROBOT » A DOUBLE CHAÎNE CONVOYEUSE

dans l'opération, on fait passer dans du sodium fondu de l'hydrogène ou (ce qui revient au même) les produits de dissociation du gaz ammoniac, c'est-à-dire un mélange de de trois volumes d'hydrogène pour un volume d'azote. Ce qui est cher dans ce procédé, c'est le sodium. On aurait réussi à régénérer l'hydrure de sodium à partir de la soude, par une méthode qui n'a pas été divulguée. Mais, tant que le sodium ne sera pas produit, comme avant guerre, en quantité surabondante, le procédé apparaît trop coûteux pour qu'on puisse traiter ainsi couramment les aciers au carbone ordinaires, du moins en temps de paix; le procédé reste cependant très avantageux pour les aciers spéciaux, les aciers dits inoxydables, les aciers à coupe rapide, le cuivre, le nickel, le cobalt et l'argent. D'une application très générale, il

est actuellement mis en œuvre pour ces métaux aux États-Unis, au Canada et en Grande-Bretagne.

## MACHINES A TRANSPLANTER

Le repiquage (ou transplantation d'une jeune plante venue de semis) permet, en général, d'obtenir sur un champ deux récoltes par an, alors que le semis en place ne permet qu'une récolte et demie au plus. En admettant que le climat s'oppose à deux récoltes, le repiquage, laissant la terre libre la moitié du temps, permet de la préparer à temps perdu, avec le minimum de frais.

En Angleterre, où, subitement, la guerre a obligé à produire beaucoup avec une main-d'œuvre peu nombreuse et non entraînée, on s'est attaché à

perfectionner les machines à transplanter telles qu'on les employait en France pour les choux, en Amérique pour le tabac, par exemple; on est parvenu aussi à mettre en place mécaniquement toutes les variétés de choux, les navets, les betteraves, les tomates, la menthe, le tabac, les oignons germés, les boutures, les plants de résineux et d'arbustes d'ornements etc. Il suffit que les plants aient au moins 15 cm, au plus 40 cm. (Il est rare d'atteindre davantage puisqu'on rogne toujours les feuilles du sommet pour éviter le flétrissage en attendant la reprise de l'activité des racines.)

Les machines opèrent naturellement sur un terrain préalablement labouré et hersé.

L'un des types anglais le plus récent (dit « Robot ») est soutenu par deux roues latérales permettant le réglage en profondeur. Un couteau très long ouvre une raie de 5 à 20 cm de profondeur pour recevoir le plant.

A la partie supérieure, on couche les plants un à un sur des pinces caoutchoutées ouvertes, entraînées par une chaîne sans fin. Quand la pince arrive sur le côté, elle serre le plant vers le collet, puis, en le maintenant vertical, l'amène dans la raie ouverte dans le sol, où elle l'abandonne, la racine en bas (fig. 3). Les espacements entre les lignes ou entre les plantes peuvent être réglés entre 20 et 150 cm. La machine butte les plants et porte un réservoir d'eau dont elle laisse écouler une petite quantité au pied de chaque plant.

Alors qu'un homme entraîné en horticulture peut repiquer au plantoir au maximum 500 à 600 plants à l'heure, soit 2 500 pour cinq personnes, avec une machine double suivant un tracteur, un homme et quatre aides mettent en place 10 000 à 12 000 plants sans quitter leur siège.

V. RUBOR.

**N. D. L. R.** — 1° Dans notre n° 346, une erreur d'interprétation du texte original dans l'article de M. Brard, relatif au cinéma en couleurs, a introduit une inexactitude se rapportant au procédé chimicolor :

Page 22 (2° colonne), il faut lire : « Il consiste à reporter sur un film les trois sélections de l'image obtenues séparément avec des filtres *vert, rouge orangé et bleu violacé.* »

Page 23, il faut lire : « Puis on applique le colorant de couleur complémentaire à celle de la sélection : *bleu pour le rouge orangé et rose pour le vert.* »

2° Une rectification est également à apporter au deuxième alinéa de la page 25 ; il faut lire : « Toutefois, le fait qu'une des images est séparée des deux autres par l'épaisseur du film ne va pas sans inconvénients et diminue la netteté de projection, surtout avec des objectifs à *grande ouverture et longue focale*, qui ont, de ce fait, une *faible profondeur de foyer...* »

# SCIENCE ET VIE PRATIQUE

## L'AVIATION OFFRE A NOUVEAU LE PLUS BEL AVENIR



Les sorties d'usines s'accroissent, de nombreuses compagnies civiles se créent, l'aviation militaire se réorganise : les besoins sont immenses.

Préparez sans attendre...  
CHEZ VOUS :

JEUNES GENS, la carrière d'aviateur,  
AVIATEURS, les brevets civils.  
SOUS-OFFICIERS, les E. O. A.  
sous la direction d'un général  
d'aviation — celui qui créa l'École  
de Guerre aérienne — et qui quitte  
volontairement l'armée pour se consacrer  
à la préparation des jeunes.

### INSTITUT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

24, rue Jouffroy (Serv. 36)  
PARIS (17<sup>e</sup>)

Le même Institut forme également des  
SPÉCIALISTES RADIO EN SIX  
MOIS

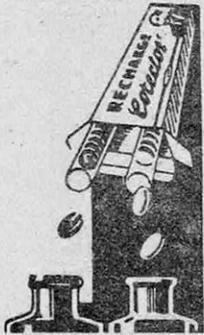
par correspondance.



C'est la seule École fournissant tout le matériel pour construire sous le contrôle de ses professeurs deux postes complets dont un super de grande classe en parfait ordre de marche avec 6 lampes et haut-parleur, qui, en restant votre propriété, remboursera vos frais d'études. Électricité, radio, télévision, radar à la portée de tous par Technique nouvelle.

### RETENEZ BIEN CECI : AVEC CORECTOR ON EFFACE COMME ON ÉCRIT

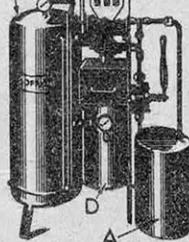
Sur le papier, le bois, les étoffes blanches, CORECTOR enlève les taches d'encre, de fruits, de teinture d'iode.



Par suite de la pénurie de flacons, refaites vous-même un Corector frais et efficace en utilisant les étuis de recharge CORECTOR. Garanti sans chlore, ne jaunit pas et ne brûle pas. En vente partout.

## ÉPURATION DES HUILES USAGÉES DANS LES ATELIERS ET GARAGES

Pour compléter la série des appareils filtrants se montant sur véhicules (*Science et Vie* de juillet), nous avons été amenés à construire des appareils dits : ATELIER ou GARAGE d'un débit de 25, 50 ou 150 litres et même plus en vingt-quatre heures.



Le principe en est le même : faire passer l'huile chaude, sous pression, à travers des colonnes filtrantes, composées de disques en matière fibreuse, imperméables à l'huile, empilées autour d'une tige creuse et pressées par un ressort à la partie haute. La finesse de filtration atteint le 1/20 de micron.

Ces épurateurs sont entièrement automatiques et peuvent marcher vingt-quatre heures sur vingt-quatre.

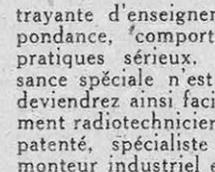
Ils comprennent :

- une cuve à huile sale, A ;
- une cuve contenant les éléments filtrants et la résistance chauffante, C ;
- un réservoir d'air comprimé, D.

### MÉTIER D'AVENIR LA RADIO VOUS PERMETTRA DE GAGNER AVANTAGE

La France offre en ce moment un vaste champ d'action pour les techniciens dans la Radio et ses applications.

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, stable et très rémunératrice. Il vous suffit de suivre notre méthode facile et attrayante d'enseignement par correspondance, comportant des travaux pratiques sérieux. Aucune connaissance spéciale n'est demandée. Vous deviendrez ainsi facilement et rapidement radiotechnicien diplômé, artisan patenté, spécialiste militaire, chef-monteur industriel et rural.



Une importante documentation, véritable guide d'orientation professionnelle, vous sera adressée gratuitement et sans engagement, sur simple demande à

l'INSTITUT NATIONAL  
D'ÉLECTRICITÉ ET DE RADIO,  
3, rue Laffitte, à Paris (IX<sup>e</sup>).

### Utilisations :

1<sup>o</sup> Dans les usines et garages pour l'épuration des huiles de moteurs, de machines-outils et de transmission ;

2<sup>o</sup> Dans les industries alimentaires, les épurateurs SOFRANCE remplacent avantageusement les filtres-presses et suppriment de nombreuses opérations préalables. (Demandez notice spéciale.)

3<sup>o</sup> Dans l'industrie, la marine et les chemins de fer, pour l'épuration de l'huile des gros moteurs industriels et marins en circuit sur la canalisation d'huile. (Notice spéciale.)

SOFRANCE-PARIS, 206, bd Peireire, PARIS (17<sup>e</sup>). Tél. : ÉTO. 35-19.

### PROGRÈS DÉCISIFS EN RADIESTHÉSIE PAR LA MÉTHODE PHYSIQUE

De récentes découvertes techniques excluant tout occultisme, ont permis de mettre au point un COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE, objective,

par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial. 30 leçons, 150 exercices judicieux vous initieront en un

mois pour vos résultats professionnels pratiques. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiciens, contre 6 francs timbres pour frais d'envoi. ÉCOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.

### 12 A 18.000 FRANCS PAR MOIS

Salaire officiel du Chef Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'État qui vous assurera une situation commerciale ou libérale. Demandez le guide gratuit N° 15 « Comptabilité, tremplin du succès », à l'École Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris.

### POUR COLLER PHOTOS PAPIERS, ÉTOFFES, etc.

Les Éts CORECTOR, fabricants de l'ADHÉSINE, la colle blanche parfumée, attirent l'attention des usagers sur la qualité de sa nouvelle fabrication dont le pouvoir adhésif triple se remarque rien qu'au toucher.

Pour le BUREAU,

Pour l'ATELIER,

Pour l'ÉCOLE,

Adhésine est la colle idéale, car elle est solide, propre et économique.

EN VENTE PARTOUT.

## JEUNES GENS ET JEUNES FILLES L'ÉCOLE des TECHNIQUES MODERNES 14, rue Volta — TOULOUSE

peut faire votre situation

### DANS LA RADIO

Sans quitter vos emplois habituels, suivez ses cours  
par correspondance préparant à :

**L'Industrie :** monteur, dépanneur,  
metteur au point.

**L'Administration :** opérateur radio  
des P. T. T.  
(diplôme d'État).

**L'Aviation Militaire :** opérateur  
et  
mécanicien radio.

(Programme approuvé par le Ministère de l'Air)

Sous certaines conditions, nos élèves seront  
admis à des **stages pratiques dans une École  
Radio de l'Aviation Militaire.**

Pour tous renseignements, écrire au  
Directeur de l'École, 14, r. Volta, TOULOUSE

PUBL. BONNANGE

**LIBRAIRIE**  
**SCIENCES et LOISIRS**

AUTOMOBILES - AVIATION CINÉMA - MA  
ELECTRICITÉ - LE JARDIN - ENSEIGNEMENT  
RADIO - TÉLÉVISION  
MÉTÉOROLOGIE - PHOTO  
DESIGN

LE PLUS  
GRAND CHOIX D'OUVRAGES  
TECHNIQUES DE VULGA-  
RISATION SCIENTIFIQUE  
ET D'UTILITÉ PRATIQUE.

CATALOGUE N° 12 CONTE-  
NANT SOMMAIRES DE 750  
OUVRAGES, FRANCO CONTRE  
10 FRANCS EN TIMBRES.

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES  
FRANCE ET COLONIES.

ENCYCLOPÉDIE  
GÉNÉRAL  
ET YACHTING  
MINOISERIE  
RADIO  
D'AMATEURS - SCIENCE  
EN LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

17, AV. de la RÉPUBLIQUE  
PARIS (XI<sup>e</sup>) Métro : République

*La Librairie de Paris*  
au service de toute la France!

## D'ABORD... SAVOIR EXÉCUTER... ENSUITE... SAVOIR COMMANDER...

Ceux qui se destinent à des professions techniques, doivent, avant tout, apprendre leur métier par des études qui feront d'eux des spécialistes éprouvés. Mais là ne doit pas se borner leur éducation, car ils risquent de ne pouvoir dépasser les fonctions de techniciens.

Pour devenir un chef il faut, en outre, des qualités de caractère. Celles-ci sont innées, mais elles peuvent se développer grâce à l'application d'une méthode qui a fait ses preuves pendant cinquante-cinq ans et qui permet d'acquérir : initiative, volonté, autorité, confiance en soi, persévérance, goût de l'effort.

C'est la Méthode PELMAN, dont les professeurs seront pour vous des conseillers éclairés, des amis sûrs.

Demandez sans aucune espèce d'engagement l'intéressante brochure n° VI-16.

### INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8<sup>e</sup>)

LONDRES, NEW-YORK, AMSTERDAM, DUBLIN  
STOCKHOLM, MELBOURNE, DELHI, CALCUTTA, etc.



## Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA  
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

### En suivant notre cours de JOURNALISME

Si vous aimez le **DESSIN**, le **CROQUIS**

### Suivez notre cours de CARICATURISTE

TOUS CES COURS PAR CORRESPON-  
DANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUIT-  
TER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

### SITUATIONS D'AVENIR INDEPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

### ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet, 8  
TOULOUSE



# Les Secrets DU DESSINATEUR ET DU PEINTRE

Si vous voulez devenir un Artiste à votre tour, connaître les joies incomparables du Dessinateur et du Peintre, améliorer votre situation pécuniaire VIVRE vraiment vous le pouvez désormais grâce aux secrets qui vous seront révélés par l'extraordinaire Méthode par Correspondance **Voir, comparer, traduire**, dont seule l'ECOLE INTERNATIONALE a le droit de vous faire bénéficier.

Reclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'ECOLE INTERNATIONALE (Service T 4) Pie de Monaco



BELLE SANGUINE  
EXECUTEE PAR NOTRE ELEVE M. G. V. de GRENOBLE

Joindre 10 frs à votre lettre pour frais de poste et écrivez très lisiblement vos noms et adresse.

## Dans la Radio et l'Electricité

"En moins d'un an j'ai pu gagner  
12.000 frs. par mois..."

Très vite, j'ai su faire des dépannages et des installations d'usages. Maintenant, je construis des postes et je gagne bien ma vie.

Voilà ce que nous dit un de nos anciens élèves.

Des centaines de références semblables nous parviennent chaque mois de tous pays.

SANS QUITTER VOTRE EMPLOI



C'est en vous exerçant sur un matériel véritable que vous ferez des progrès rapides.

4 coffrets de perfectionnement sont envoyés au cours des études.

suivez notre méthode nouvelle d'enseignement professionnel. La pratique est la théorie chez nous par correspondance.

Des aujourd'hui demandez notre Album:  
l'Electricité et ses Applications:  
Radio, Cinéma, Télévision

Nom: \_\_\_\_\_  
Adresse: \_\_\_\_\_

JOINDRE 10F pour tous frais

**INSTITUT ELECTRO-RADIO**  
6, RUE DE TEHERAN, PARIS, 8<sup>e</sup>

# Futurs Ecrivains

AVEZ-VOUS REÇU  
VOTRE EXEMPLAIRE DE  
L' "ART D'ÉCRIRE" ?



Quoique vous vous proposiez d'écrire, ce petit livre vous apportera des Informations inattendues et même une sorte de révélation.

Vous qui avez toujours eu le goût d'écrire, qu'attendez-vous pour devenir reporter, journaliste, romancier ?

Qui de vous ne garde au fond d'un tiroir quelque cahier où sommeillent des souvenirs d'enfance, les confidences d'une heure d'émotion, les impressions enthousiastes d'un beau voyage ?

Pourquoi ne pas donner à ces notes une forme plus achevée, en tirer contes, nouvelles, essais, récits et articles qui vous donneront la joie de créer puis celle d'être publié ? Vous pourrez également en tirer des profits appréciables car tous ces travaux littéraires sont aujourd'hui très bien rémunérés.

## LES BONS RÉDACTEURS SONT RARES

Hommes et femmes de toutes professions qui voulez sortir du rang, soignez le style de vos rapports, de vos comptes-rendus, de votre courrier quotidien. Une lettre bien tournée peut décider de votre avenir et vous faire conclure des affaires importantes. Il ne dépend que de vous d'acquiescer rapidement un style clair, précis, élégant.

## L'ART D'ÉCRIRE COMPORTE UN MÉTIER

Un métier qui s'apprend, comme tous les autres, en travaillant et en suivant une bonne méthode. Ne négligez pas cette possibilité plus longtemps et renseignez-vous sur le Cours de Rédaction et d'Initiation Littéraire.

Ecrivez aujourd'hui - même. Dites-nous vos projets, donnez-nous quelques détails. Nous vous conseillerons utilement et vous enverrons gracieusement la brochure de renseignements (Joindre 12 francs pour frais d'envoi).

**ÉCOLE A. B. C. (RÉDACTION C3)**  
12, rue Lincoln (Ch.-Élysées), PARIS-8<sup>e</sup>

**JEUNES GENS III**  
 sans quitter votre emploi actuel  
**ASSUREZ VOTRE AVENIR !**  
**CHOISISSEZ UNE CARRIERE REMUNERATRICE !**  
**LA RADIO** manque de spécialistes  
 Il faut des **RADIOTECHNICIENS** dans  
**L'ARMEE, L'AVIATION, la MARINE**  
**L'INDUSTRIE, le COMMERCE, L'ARTISANAT**  
 Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur  
 Cours de tous les sous leur direction  
**D E G R E S** vous monterez un  
**P O S T E** Envoi du matériel  
 Préparation aux diplômes officiels à domicile  
**P L A C E M E N T**  
**A S S U R E**

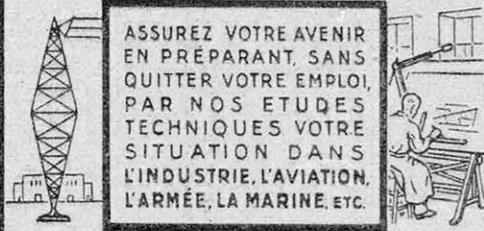


**ÉCOLE PRATIQUE**  
**D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES**  
 39, rue de Babylone - PARIS-VII<sup>e</sup>  
 Cours par correspondance  
 Demandez notre documentation gratuite N° 45

Dans L'AVIATION   
 Dans la MARINE 

**IL FAUT des RADIOS**  
**des DESSINATEURS**

ASSUREZ VOTRE AVENIR  
 EN PRÉPARANT, SANS  
 QUITTER VOTRE EMPLOI,  
 PAR NOS ETUDES  
 TECHNIQUES VOTRE  
 SITUATION DANS  
 L'INDUSTRIE, L'AVIATION,  
 L'ARMÉE, LA MARINE, ETC.



TRAVAUX PRATIQUES CHEZ SOI

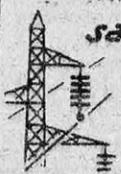
**ÉCOLE DES SCIENCES**  
**INDUSTRIELLES**  
 2 Rue des Tanneries PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX  
 PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

APPRENEZ

**L'ÉLECTRICITÉ**  
 PAR CORRESPONDANCE  
*sans connaître les mathématiques!*



**T**OUS les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères sont étudiés dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale. Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle. Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, radio-électriciens, mécaniciens, vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

↓ Demandez la documentation en envoyant ou en recopiant le bon ci-dessous. — Joindre 6 frs en timbres.

**BON** 16 D

**COURS PRATIQUE**  
**D'ÉLECTRICITÉ**  
 222, Bd. Péreire - Paris 17<sup>e</sup>

*Jeunes gens!*

ASSUREZ VOTRE AVENIR  
 EN DEVENANT  
**DESSINATEUR D'ÉTUDES**  
*sans quitter votre emploi*



EN SUIVANT LES COURS  
 PAR CORRESPONDANCE DE

*L'École Technique  
 de Radio-Électricité  
 et de Sciences appliquées  
 2, rue du Sablé  
 Courcouronnes*

PUBL. DUNOD



**AVEC VOUS**  
*jusqu'au succès final*

**RADIO-CINÉMA-AVIATION**

**JEUNES GENS... JEUNES FILLES...**  
 Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... **PRÉPAREZ-LES PAR CORRESPONDANCE**

Notre organisation spécialisée sera tout entière avec vous jusqu'au succès final. Elle groupe sous la direction d'une élite de professeurs les ÉCOLES suivantes :

**ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE**  
 (Monteurs-dépanneurs, dessinateurs, opérateurs, sous-ingénieurs et ingénieurs.)

**ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE**  
 (Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son.)

**ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE**  
 (Préparation technique du pilote d'avion, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

Documentation S. V. gratuite



**CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES de PARIS**  
 69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

**ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE**

152, avenue de Wagram - Paris (17<sup>e</sup>) et 3, rue du Lycée - Nice

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL**

**MATHÉMATIQUES** Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours.

Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

Cours à tous les degrés, de même que pour la Physique, la Chimie.

**MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ**

De nombreuses situations sont en perspective dans la Mécanique générale, les Constructions aéronautiques et l'Électricité. Les cours de l'École s'adressent aux élèves des lycées, des écoles professionnelles, ainsi qu'aux apprentis et techniciens de l'Industrie.

Les cours se font à tous les degrés : Apprenti, Monteur, Technicien, Dessinateur, Sous-Ingénieur et Ingénieur.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens, de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints.

**ÉCOLE DE T. S. F.**

**JEUNES GENS !**

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, les mieux payées, les plus attrayantes...

sont dans la **RADIO**

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TÉLÉVISION, CINÉMA.

Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionnées depuis 1908.

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

**COURS DE BATIMENT**

UNE CARRIÈRE D'AVENIR

Commis, métreurs, techniciens.

Envoi franco de programme de chaque section contre 10 francs en timbres.



*En qualité...  
toujours plus haut!*

ROYAL  
*Stephens'*

COMPAGNIE DES ENCRÉS  
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2 625 000 FRANCS  
57 RUE DEGLINGAND  
LEVALLOIS-PERRET (SEINE)