

# SCIENCE ET VIE

NOVEMBRE 1947

N° 362

30 FRANCS



# Des possibilités illimitées

S'OFFRENT A VOUS, quelles que soient les situations civiles et militaires auxquelles vous aspirez.

**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.



## ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

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

*Demandez le Guide des Carrières gratuit*

## Je dessine! et me voilà plongée dans la joie...

Voilà ce qu'écrit à Marc Saurel une de ses élèves enthousiastes, et un autre écrit : « Votre enseignement est le plus moderne, le plus sympathique. »

La nouvelle méthode Marc Saurel : « Le Dessin Facile », enseignée par correspondance, fera de vous en peu de mois un excellent dessinateur grâce à l'ingénieuse utilisation des magnifiques planches modèles qui accompagnent les cours. Tout est neuf, attachant dans cet enseignement qui ne ressemble à aucun autre. Car Marc Saurel est le véritable créateur du dessin par correspondance qu'il pratique depuis trente-cinq ans. Profitez de son expérience inégalable.

Cours spéciaux sur : croquis, paysage, portrait-peinture, illustration, publicité, mode, dessin animé, dessin industriel. Cours pour enfants de six à douze ans.

Une jolie brochure illustrée de 16 pages véritable initiation à l'art passionnant du dessin, vous sera envoyée contre ce bon et 15 francs en timbres. Précisez le genre qui vous intéresse.



**BON**  
SV 10

## 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, chemins 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-11 (Section dessin industriel) au

### DESSIN FACILE

11, rue Keppler, Paris (XVI<sup>e</sup>).  
(Joindre 12 francs en timbres.)

*C'est un bon  
stylo qu'IL désire...*

ALORS  
c'est le **TANK-400**  
qui LUI fera le  
plus plaisir



## 400 GOUTTES

*La capacité de 10 stylos*

Le TANK-400 ne comporte aucun mécanisme. Le corps du stylo forme cartouche d'encre (2), interchangeable, à niveau d'encre entièrement visible, utilisant la capacité totale du réservoir.

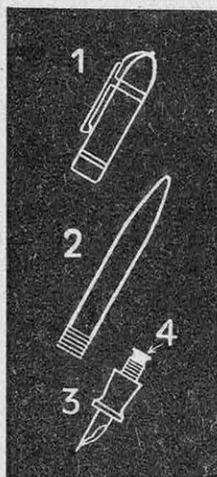
Le TANK-400 est muni d'un clip de sûreté (1), véritable pièce de mécanique de précision. Détail apprécié, le clip de sûreté n'abîme pas les poches et constitue une garantie contre la perte ou le vol.

Sa plume cylindrique (3) est aussi une nouveauté. Elle assure le parfait écoulement de l'encre, sous le contrôle d'un régulateur de pression (4).

Fabriqué en PLEXIGLAS, il est incassable. Les clips, jones et plume sont en métal doré or fin, pratiquement inaltérables.

### GARANTI A VIE

Où que vous soyez, si le TANK-400 ne vous donne pas satisfaction entière, présentez votre bon de garantie au spécialiste de la ville, il sera échangé immédiatement et sans frais.



Les cartouches d'encre sont garnies de bleu radio ou bleu noir Stephens, encre extra-fluide spéciale

Le TANK-400 est livré en écrin de luxe, avec quatre cartouches de recharge, de quoi écrire plus d'un an sans arrêt.

C'est le stylo moderne et chic, outil de travail sérieux, et attendu par l'homme de lettres, le journaliste, l'homme d'affaires, le comptable, l'étudiant. C'est enfin la grande nouveauté dont on parle.

En vente chez votre papetier au prix imposé de 1 200 fr.



Le TANK 400 en écrin de luxe avec 4 cartouches de recharge, de quoi écrire 1 AN

# PIERRE BAINOL & C<sup>o</sup>

19, Rue Sartoris  
LA GARENNE-COLOMBES (Seine)

## Pour les études de vos enfants, pour vos propres études,

n'hésitez pas à recourir à l'enseignement  
par correspondance de

### L'ÉCOLE UNIVERSELLE

qui a comblé une grave lacune. Grâce à l'École Universelle, en effet, tous ceux qui étaient jusqu'ici empêchés de s'instruire, parce qu'ils résident loin d'un centre ou parce que leur état de santé les retient à la maison, peuvent désormais travailler chez eux. Il en est de même de tous ceux qui sont astreints à de fréquents déplacements ou qui ont un retard à rattraper, ou qui se trouvent dans l'impossibilité de poursuivre leurs études à un rythme normal, et aussi ceux qui sont dans la nécessité de gagner leur vie. L'enseignement individuel de l'École Universelle permet à chacun de faire chez soi, à tout âge, sans dérangement, dans le minimum de temps, aux moindres frais, quel que soit le degré d'instruction de l'élève, en toute discrétion s'il le désire, toutes les études qu'il juge utiles, quel que soit le but qu'il veuille atteindre.

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

**Br. 34.200 : ENSEIGNEMENT PRIMAIRE :** Classes complètes ; préparation au C. E. P., Bourses, Brevets, etc.  
**Br. 34.201 : ENSEIGNEMENT SECONDAIRE :** Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**Br. 34.202 : ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :** Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**Br. 34.203 : GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.**

**Br. 34.204 : POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE :** Administrations financières, P. T. T., École nationale d'Administration.

**Br. 34.205 : CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS,** Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**Br. 34.206 : CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.**

**Br. 34.207 : COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc...** Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**Br. 34.208 : ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.**

**Br. 34.209 : LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...**

**Br. 34.210 : CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.**

**Br. 34.211 : CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.**

**Br. 34.212 : CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE** (Pont, Machines, Commissariat).

**Br. 34.213 : CARRIÈRES des LETTRES** (Secrétariats, Bibliothèque, etc...).

**Br. 34.214 : ÉTUDES MUSICALES :** Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**Br. 34.215 : ARTS DU DESSIN :** Professorats, Métiers d'art, etc...

**Br. 34.216 : COUTURE, COUPE, MODE, LINGERIE, etc...**

**Br. 34.217 : ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.**

**Br. 34.218 : CARRIÈRES DU CINÉMA.**

Milliers de brillants succès aux baccalauréats,  
brevets et tous examens et concours.

### ÉCOLE UNIVERSELLE

la plus importante du monde

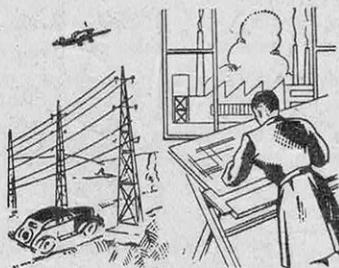
59, boulevard Exelmans, PARIS  
ou : chemin de Fabron, NICE

Société d'Horlogerie du Doubs  
106 RUE LAFAYETTE PARIS 10<sup>e</sup>



- \* MONTRE - BRACELET, HOMMES, DAMES OU GARÇONNET, 15 RUBIS .... 2160<sup>F</sup>
- \* ÉTANCHE, SOIGNÉE 15 RUBIS .... 2340<sup>F</sup>
- \* ÉTANCHE DE LUXE, LUMINEUSE 15 RUBIS 2522<sup>F</sup>

CATALOGUE N° 25 SUR DEMANDE



Sans quitter votre emploi actuel  
et quelle que soit votre résidence

vous pouvez devenir :

CHEF-DESSINATEUR INDUSTRIEL  
ou SOUS-INGÉNIEUR

en Constructions électriques, mécaniques  
ou aéronautiques

Renseignements et documentation gratuits

ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE

9, avenue de Villars, PARIS (VII<sup>e</sup>)

# LE NOUVEAU SUPERBLOC

**Capoté**

REMPLISSAGE  
AUTOMATIQUE

★  
PLUME  
CAPOTÉE

★  
POINTE  
IRRIDIUM  
EN ÉCRIN



*Présentation luxueuse  
Fonctionnement contrôlé  
★ et garanti*

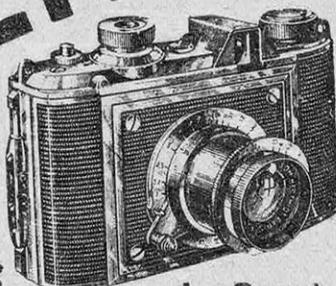
Reprise et Echange  
ou Remboursement  
sur simple demande

ENVOI FRANCO CONTRE REMBOURSEMENT OU MANDAT  
JOINT A LA COMMANDE - FRANCO DOMICILE

**LES DIFFUSIONS** 69 RUE ROCHECHOUART  
**CIERPA** PARIS. 9<sup>e</sup> SERVICE 32

ouvert tous les jours sauf le Dimanche

# LYNX



## Le Succès

est certain, grâce au Lynx,  
le plus simple, le plus pré-  
cis des appareils 3x4

Corps métallique rigide :  
Objectif ultra-lumineux  
"Flor" Berthiot F/3,5 ou F/2,8 :  
Obturbateur focal à 1/500<sup>e</sup>

Pour tous les amateurs  
**L'APPAREIL IDEAL**

Notice L 6 sur demande

## PHOTO-RAYLU

8, Avenue de la G<sup>e</sup>-Armée, PARIS



Quelle habi-  
leté et quelle jus-  
tesse d'observa-  
tion dans ce cro-  
quis à la plume  
d'un élève.

# DESSINER...

*C'est tellement simple!*

N'avez-vous pas dit souvent : " Si seulement je savais dessiner ! " Soyez-en persuadés : cette faculté, vous pouvez l'acquérir très facilement. Si vous savez écrire, vous pouvez dessiner. La méthode A.B.C. de Dessin vous apprend à retrouver dans tout ce qui vous entoure les lignes, les courbes, les formes dont vous vous servez quotidiennement en écrivant. Elle vous montre comment les employer, comment les unir l'une à l'autre pour représenter n'importe quel modèle par traits précis et fermés. Après, tout devient facile.

Grâce à cette étonnante méthode, vous pourrez chez vous apprendre tout seul à dessiner non pas d'impersonnelles copies, mais de véritables croquis, des études directes d'après nature. passionnant. Et si vous envisagez la vente de vos

Ce sera pour vous, dès la première leçon, d'un intérêt très appréciable.

### NOUVELLE BROCHURE GRATUITE

Demandez la curieuse brochure illustrée (offerte gratuitement) ou sont exposés les principes de cette nouvelle méthode et les moyens de vous spécialiser, sans frais supplémentaires, si vous le désirez, dans une des branches rémunératrices du Dessin :

**IL EXISTE AUSSI  
UN COURS SPÉCIAL  
POUR ENFANTS  
DE 8 A 13 ANS  
DEMANDER L'ALBUM  
" ENFANTS "**

Mode, Illustration, Publi-  
cité, Paysage, Portrait, Ca-  
ricature, etc...

### ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN (Stu. D. 38)

12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris (8<sup>e</sup>)

Veillez m'envoyer, sans engagement, votre album illustré donnant tous renseignements sur la méthode A. B. C.

Nom .....

Adresse .....

Pour la Belgique : 18, rue du Méridien, Bruxelles



Institut  
**PELMAN**  
Fondé en 1890

## CHEF ou SUBALTERNE ?

Vous serez inmanquablement l'un ou l'autre suivant que vous posséderez ou non les qualités qui permettent de dominer à la fois les hommes, les circonstances et soi-même. Ces qualités existent en chacun de nous à l'état latent ; elles rendent fécondes les connaissances acquises pour la pratique d'un métier.

Il suffit de les éveiller et de les développer rationnellement (par conséquent rapidement et sûrement) pour triompher des obstacles infranchissables par ceux qui ont négligé d'éduquer leur volonté, d'aiguiser leur jugement, de cultiver l'esprit d'initiative, d'affermir autorité et confiance en soi.

La pratique très simple et si effective de la MÉTHODE PELMAN, qui compte cinquante-sept ans d'expérience dans le monde entier fera de vous un véritable chef.

Demandez la très intéressante brochure explicative n° VI-31-1, contre 20 francs.

INSTITUT PELMAN, 176, boulevard Haussmann, Paris  
LONDRES, NEW-YORK, AMSTERDAM, DUBLIN  
STOCKHOLM, MELBOURNE, DELHI, CALCUTTA, etc.



JEUNES GENS III

sans quitter votre emploi actuel

ASSUREZ VOTRE AVENIR !

CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE RÉMUNÉRATRICE !

**LA RADIO** manque de spécialistes dans

L'ARMÉE, L'AVIATION, LA MARINE  
L'INDUSTRIE, LE COMMERCE, L'ARTISANAT

SUIVEZ NOS COURS PAR CORRESPONDANCE

DEMANDEZ NOTRE DOCUMENTATION GRATUITE N° 45. COURS TOUS DEGRÉS. Préparation OFFICIELLE PLACEMENT ASSURÉ

VOUS RECEVREZ GRATUITEMENT LE MATÉRIEL nécessaire au montage d'un RECEPTEUR MODERNE QUI RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ



JEUNES GENS ! devenez comptables agréés

COURS DE TOUS LES DEGRÉS

PRÉPARATION AUX DIPLOMES OFFICIELS

DEMANDEZ notre DOCUMENTATION GRATUITE N° 48

**ÉCOLE PRATIQUE  
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES**

39. RUE DE BABYLONE — PARIS-VII<sup>e</sup>

# Si Vous aimez le Dessin et la Peinture lisez cette lettre

Goncelin (Isère), le 22 Février, 1947.

Depuis que je suis votre Enseignement, j'ai obtenu des résultats que je n'aurais jamais osé espérer.

Je travaille actuellement en connaissant vraiment mon métier, grâce à vous; mon travail artistique est la source d'un revenu qui devient plus important de jour en jour. On ne fera jamais assez connaître la valeur et la clarté de votre Enseignement et, pour ma part, je n'y manquerai pas à chaque occasion.

*Peiffer*

## ★ Renseignez-vous



M. R. PEIFFER  
Dessinateur et Peintre.  
Élève de l'École Internationale, et auteur de la lettre ci-contre.

UNE TELLE LETTRE  
SE PASSE DE COMMENTAIRES. SACHEZ SEULEMENT QUE L'ÉCOLE INTERNATIONALE EN REÇOIT CHAQUE JOUR DE SEMBLABLES.

L'École Internationale de Dessin et de Peinture vous offre un magnifique album en couleurs, sans engagement de votre part. Il vous documentera sur nos élèves et les résultats étonnants qu'ils obtiennent. Vous y apprendrez comment il vous est désormais facile d'apprendre

à peu de frais, chez vous, en vous amusant, un art passionnant qui fera de vous "quelqu'un" dans l'échelle sociale. Réclamez immédiatement cet album, auquel vous avez droit : inscrivez clairement vos nom et adresse ; joignez 20 frs à votre lettre pour frais, et adressez à l'UNE des deux adresses de l'E.I. à votre choix.

**L'ÉCOLE INTERNATIONALE**

11, av. de Grande-Bretagne  
Principauté de MONACO

(Service S.V. 711)

49 bis, avenue Hoche  
PARIS (8<sup>e</sup>)



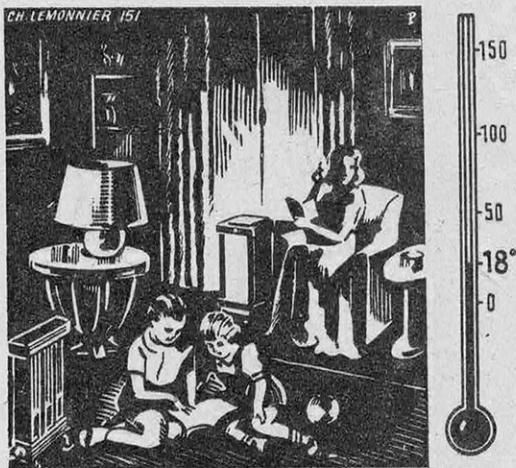
TRÈS VALENT COURSES DE M. R. PEIFFER ÉCRITE DES LEÇONS

*Un Sportif s'habille  
pour le  
Sport et  
pour la  
Ville à*

**SPECIAL  
CAMPING**  
16. B<sup>d</sup> VOLTAIRE PARIS  
MARSEILLE  
11. COURS LIEUTAUD  
RENNES  
17. RUE MARECQ - JOFFRE

TARIF "S" VÊTEMENTS ou CAMPING 10 Fr.

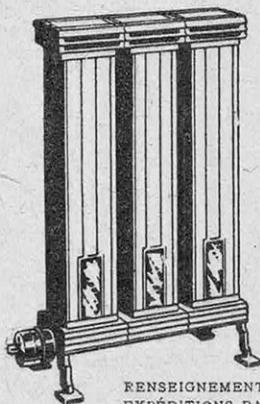
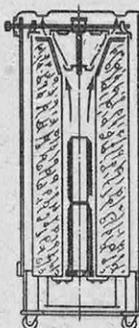
COLAS-PUBLI



**VOUS** adopterez le chauffage à l'électricité, car c'est le plus sain, le plus souple et le plus économique. Vous choisirez les radiateurs **NORDIA** - brevetés - pour leur technique rationnelle, leur rendement élevé et leur garantie de trois années.

**LES RADIATEURS  
A ACCUMULATION**

ne brûlent que du courant de nuit, jamais limité, et vendu au tiers du tarif normal. Composés d'éléments juxtaposables de 1 000, 1 500 ou 1 800 watts. Spécialement conçus pour cet usage : maniables, entièrement calorifugés, obturation à cône, résistances accessibles.



**LES RADIATEURS  
A CHAUFFAGE  
DIRECT**

Ce sont de véritables "POÊLES ÉLECTRIQUES" en fonte, chauffant par radiation et par brassage de l'air ambiant. Formés d'éléments juxtaposables de 500 ou 800 watts. Ils apportent le chauffage d'appoint pendant les demi-saisons et les grands froids.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE  
EXPÉDITIONS RAPIDES DANS TOUTE LA FRANCE

A partir d'un compteur de 10 ampères

**NORDIA**

ATELIER 30

4, CITÉ GRISET, PARIS - XI<sup>e</sup>

OBERKAMPF 10 27

**9 GAMMES**  
RÉCEPTEUR MÉTROPOLITAIN ET  
COLONIAL 9 LAMPES  
PUSH PULL

**LE POSTE DES 5 CONTINENTS**

Dim. 62 x 38 x 33 cm  
6 BANDES ONDES COURTES ÉTALÉES  
19 circuits accordés. Cerveau électronique  
HAUTE FIDÉLITÉ et RELIEF MUSICAL  
PLUS DE 200 STATIONS REÇUES

DOCUMENTATION ILLUSTRÉE 16 PAGES  
avec schémas détaillés et réalisation descriptive  
par Géo MOUSSERON. Joindre 12 fr. en timbres.  
Env. documentation Colon. par avion. Joindre 55 fr.

**RADIO-SÉBASTOPOL**  
100, B<sup>d</sup> SÉBASTOPOL, PARIS

Fournisseur des P.T.T., Préfectures, S.N.C.F., grandes Administrations  
VENTE À CRÉDIT - EXPÉDITIONS FRANCE ET COLONIES

303



LE 23 AOÛT 1938  
STYLOMINE A FAIT BREVETER

## LA PLUME CAPOTÉE

Dès 1938, Stylomine a breveté la plume enrobée, ce qui réduit au minimum les surfaces d'évaporation de l'encre; la plume est ainsi toujours humide. Ce perfectionnement est réalisé aujourd'hui sous la forme du 303, à plume capotée.

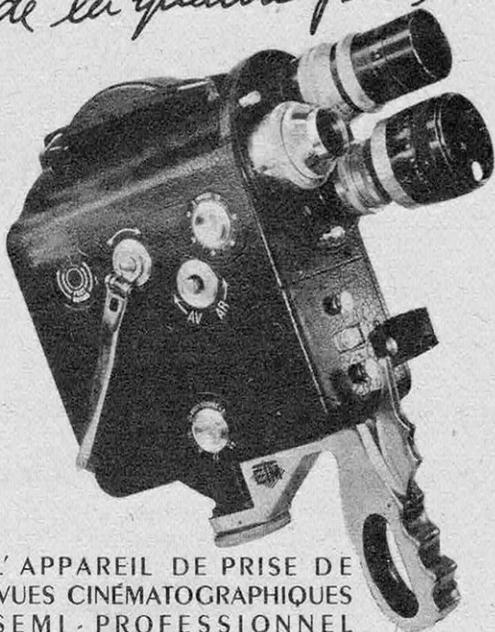
Le 303, à grande capacité est toujours prêt à écrire.

**TOUJOURS AMORCÉ**



# STYLOMINE

*Le "dernier-né"  
de la qualité française*



L'APPAREIL DE PRISE DE  
VUES CINÉMATOGRAPHIQUES  
SEMI-PROFESSIONNEL

*à la portée de tous*

D'UNE EXTRÊME SIMPLICITÉ  
DE MANIÈMENT

D'UNE PRÉCISION SCIENTIFIQUE

- ★ PERMET L'ACCÉLÉRÉ, LE RALENTI  
la prise de vues IMAGE PAR IMAGE
- ★ ENTRAÎNEMENT MÉCANIQUE À VITESSE VARIABLE (8 à 72 IMAGES-SECONDE)
- ★ 4000 IMAGES EN UN SEUL CHARGEMENT.

**LA CAMERA**

# ETMP 16

EN VENTE CHEZ TOUS LES BONS REVENDEURS  
PHOTO ET CINÉMA

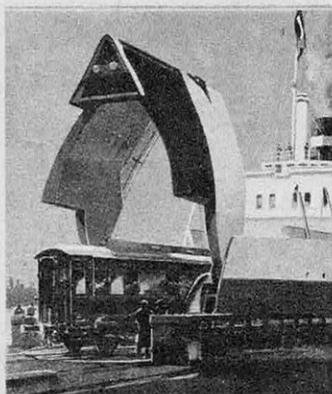
# SCIENCE ET VIE

Tome LXXII - N° 362

Novembre 1947

## SOMMAIRE

- ★ Les ferry-boats, par Henri Le Masson..... 215
- ★ L'énergie nerveuse, par le Dr Paul Chauchard..... 224
- ★ Que sera le cuirassé de demain ? par Camille Rougeron.... 231
- ★ Du poli au « superfini », par J. Seigle..... 241
- ★ Un nouveau mode de traction électrique, par Gilbert Bloch.. 252
- ★ Peut-on faire pleuvoir ? par Jean Francis..... 256
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor..... 259

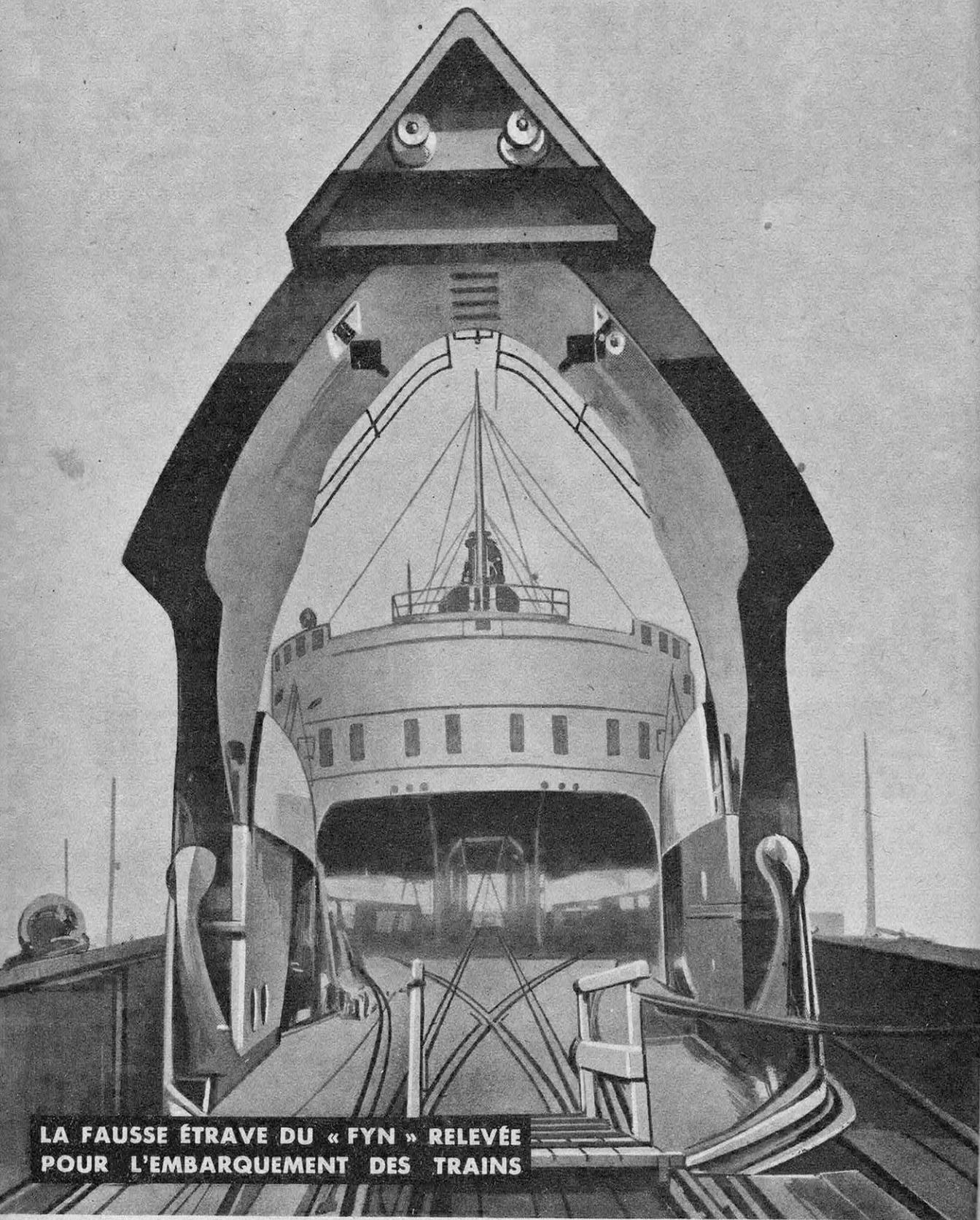


Peu connus des Français si un voyage ne les a pas conduits dans certains pays étrangers où les raisons géographiques justifient leur emploi, les *ferry-boats* sont destinés à faire franchir aux voitures automobiles, comme aux trains, des fleuves, des estuaires et des bras de mer trop importants pour qu'un pont ou un tunnel puisse assurer ce service. A des conditions d'exploitation très diverses correspondent des types de navires très différents, depuis le simple bac automoteur transportant voitures automobiles et piétons d'un bord à l'autre d'un fleuve, ou d'une rade, jusqu'aux luxueux et modernes *train-ferries* destinés à faire traverser des bras de mer à des trains entiers et qui sont obligatoirement de véritables paquebots. La couverture de ce numéro représente le *Fyn*, mis en service au début de l'été dernier par les Chemins de fer danois pour la traversée du Grand-Belt et qui est le cinquième train-ferry construit pour ce service au cours des vingt dernières années (voir l'article page 215 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 : Elysées 26-69 et Balzac 02-97.  
Publicité : 24, rue Chauchat, Paris (IX<sup>e</sup>). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris.  
Adresse télégraphique : SIENVIE Paris.  
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.  
Copyright by « Science et Vie », Novembre mil neuf cent quarante-sept.

**ABONNEMENTS.** — A franchise simple : France et Colonies, 300 francs; recommandé : 400 francs. — Étranger : 450 francs; recommandé, 600 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 10 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.



**LA FAUSSE ÉTRAVE DU « FYN » RELEVÉE  
POUR L'EMBARQUEMENT DES TRAINS**

# LES FERRY-BOATS

par Henri Le MASSON

Les plus caractéristiques parmi les « ferry-boats » sont les « train-ferries », ou « porteurs de trains », qui ont pour mission d'assurer la liaison entre les différentes parties d'un réseau ferré interrompu — fragmenté si l'on préfère — par de très larges rivières, des estuaires, des lacs, voire même des bras de mer, au-dessus ou au-dessous desquels on ne saurait jeter un pont ou creuser un tunnel pour le passage de la voie ferrée, et dont le contournement, en supposant qu'il soit possible, allongerait et compliquerait exagérément le tracé de la ligne. Des services de ferry-boats existent en grand nombre aux États-Unis, en particulier pour la traversée du Mississippi, pour le franchissement des Grands Lacs, celui de la rade de San-Francisco et de l'Hudson à New York. On en trouve en Argentine, en U. R. S. S., en Chine, etc. En Europe, des ferries effectuent de même la liaison entre la Suède et les îles danoises, l'Allemagne et la Pologne, entre le pied de la botte italienne et la Sicile, entre la France et l'Angleterre, et nous ne citons que quelques-uns des services les plus connus et les plus caractéristiques. Ils sont assurés par des navires de types spéciaux, très divers suivant le trajet à accomplir et la nature du chargement, dont certains sont de très grands navires jaugeant près de 8 000 tonnes et capables de charger plus d'une centaine de grands wagons à doubles bogies.

SANS être tout à fait contemporains des premiers chemins de fer, les ferry-boats remontent déjà à une époque lointaine, puisque c'est en 1849 que le premier bâtiment de ce genre fut lancé. Il s'appelait *Leviathan*, déplaçait seulement 417 t et fut construit en Angleterre pour assurer la traversée du Firth of Forth, en Écosse, avant la construction du fameux pont de ce nom. Le *Leviathan* naviguait entre Granton et Burntisland, sur un parcours de près de 9 km ; il pouvait embarquer 34 wagons. Du jour au lendemain, la mise en service de ce ferry permit notamment d'approvisionner Édimbourg en charbon de Fife dans des conditions particulièrement économiques.

Les Anglais construisirent ensuite un second

ferry pour le franchissement de la rivière Tay à Dundee, mais le parcours était beaucoup plus court, environ 1,5 km. Signalons aussi que, pendant plusieurs années avant la construction des grands ponts franchissant ce fleuve, les Allemands utilisèrent deux petits train-ferries au travers du Rhin, le *Ruhr* et le *Lillebelt*.

En 1862, on étudia un premier projet pour l'utilisation de train-ferries entre la France et l'Angleterre. Les ingénieurs anglais avaient d'emblée prévu de très grands vapeurs à roues, longs de 135 m, larges de 24 (hors tambours), mais calant seulement 3,50 m pour pouvoir entrer dans les ports terminaux à toute heure de la marée, et l'aménagement de postes d'embarquement à Douvres et à Audresselles (entre Calais

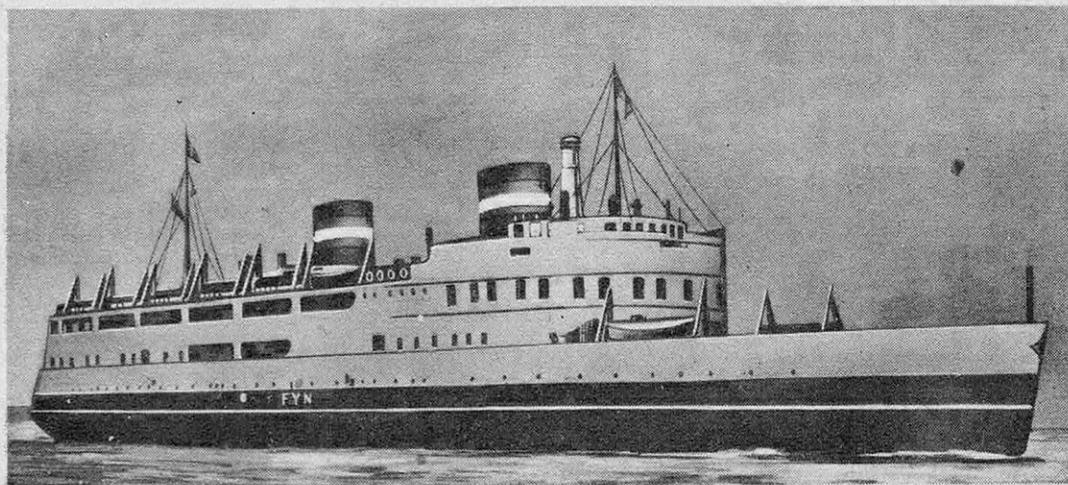


FIG. 1. — LE « FYN », TRAIN-FERRY DANOIS ASSURANT LA TRAVERSÉE DU GRAND BELT, EST LE PLUS RÉCENT DU MONDE

et Boulogne). Le célèbre ingénieur français Dupuy de Lôme avait, de son côté, été chargé d'étudier les plans d'un bâtiment présentant sensiblement les mêmes dimensions et ceux d'un appontement spécial à Calais. Plusieurs années de pourparlers ne suffirent pas pour vaincre l'opposition du Parlement anglais et, en 1870, un vote sanctionna la rejet définitif du projet. Il fallut attendre 1917 et les nécessités de la première guerre mondiale pour voir fonctionner un service de train-ferries entre la France et l'Angleterre.

Les ferries apparurent ensuite au Danemark en 1872, pour la traversée du Petit-Belt.

Les États-Unis suivirent en 1878, année pendant laquelle les premiers services de ce genre furent créés au travers de la baie de New York ; c'est dans ce pays que le plus grand nombre de ferries ont été lancés : il en existait près de 80 en 1940. Sont à signaler particulièrement les services de ferries des grands lacs, et plus spécialement ceux du lac Michigan, immense nappe d'eau qui mesure plus de 600 km dans sa plus grande longueur et 80 km de largeur. Il existe en particulier, sur les grands lacs, un service entre Pestigo-Harbor et Chicago, dont le parcours, atteignant près de 400 km, est sans doute le plus long du monde.

En 1899, apparurent presque simultanément les ferries du détroit de Messine et du lac Baïkal en Sibérie. Puis, en 1900, fut inauguré le service transbaltique Sassnitz-Trelleborg, entre l'Allemagne et la Suède. Entre temps ou depuis, d'autres ferries ont été mis en service en différents points du globe, par exemple celui de l'estuaire de la Plata et celui du Yang Tsé (entre Nankin et Pukow).

### Les différents types de train-ferries

On peut comparer les train-ferries à des bacs ; mais, tandis que les bacs existant encore sur certaines rivières françaises sont presque toujours de simple pontons de petites dimensions, halés généralement au moyen d'un câble de touage et utilisés seulement pour transporter quelques voitures et autos, les train-ferries arrivent à être de très grands navires.

On peut les classer en deux catégories principales :

1° Ceux qui naviguent uniquement dans des

eaux parfaitement abritées, un fleuve, par exemple, ou un estuaire ;

2° Ceux qui sont destinés à aller en mer et qui, même lorsqu'il s'agit d'une courte traversée, doivent, pour cette raison, être en mesure d'affronter le vent, les lames et les embruns dans les conditions d'un navire normal.

### Les train-ferries de lacs, fleuves et estuaires

Les ferries destinés à la navigation dans des eaux abritées peuvent n'être que de simples plates-formes automotrices, sans formes spécialement marines. Tels sont un grand nombre de ferries américains construits pour le service d'un fleuve, d'un estuaire ou d'un lac. Ils présentent souvent la particularité d'être de construction symétrique, de pouvoir naviguer également bien dans les deux sens et d'embarquer à volonté, par l'une ou l'autre extrémité, les trains qu'ils transportent.

La photographie de la figure 2 montre un ferry-boat américain caractéristique de cette catégorie et d'un type que l'on peut encore rencontrer dans les eaux américaines. La longue survivance des roues pour certains ferries en service dans des estuaires ou sur des fleuves du Nouveau Continent s'explique par la grande souplesse de manœuvre de ce mode de propulsion, parfaitement adapté, d'autre part, à la navigation dans des eaux peu profondes. Aujourd'hui, pourtant, les nouveaux ferries, lancés pour remplacer les ferries à aubes arrivant en fin de carrière, et que l'on veut, comme ces derniers, pouvoir utiliser aussi bien dans un sens de marche que dans l'autre, sont dotés d'hélices et de gouvernails aux deux bouts. L'appareil moteur de ces bâtiments comprend soit des machines alternatives, soit des diesels, soit la propulsion électrique, le premier train-ferry à diesel, le bâtiment américain *Ramon*, ayant été mis en service entre Sacramento et San-Francisco en 1915, et la propulsion électrique ayant suivi quelques années plus tard, en 1922.

Le *Chang Kiang* (fig. 3), construit en 1932-1933 pour le service du Yang Tsé, appartient aussi au type des ferries pour navigation dans des eaux abritées. Il est propulsé par deux machines alternatives et présente la particula-

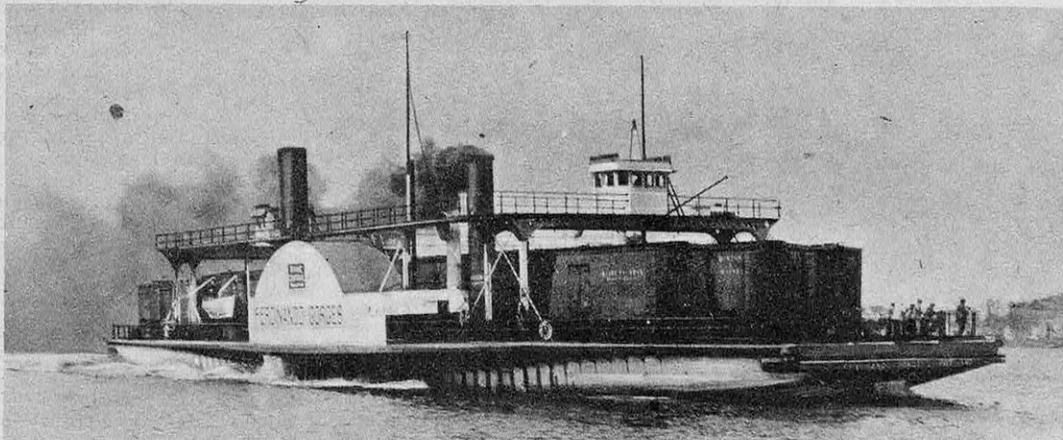


FIG. 2. — UN FERRY-BOAT AMÉRICAIN A AUBES : LE « FERDINAND GORGES »

rité d'avoir à poste fixe un locotracteur destiné à halier les rames de wagons.

Le *Dolorès de Urquiza* (fig. 5) est très semblable comme allure générale au précédent, mais il dispose de quatre voies : les wagons y sont mis en place au moyen de treuils.

Signalons encore, à propos de ces bâtiments, un point qui est d'ailleurs commun à tous les ferries : l'existence de ballasts avant, arrière et latéraux importants pour parfaire l'équilibre du chargement et aussi, au moment de l'embarquement, ou du débarquement faciliter l'établissement de la liaison avec la plate-forme d'accostage et le roulement des wagons.

### Un train-ferry brise-glace

Un cas particulier de ferry-boat construit pour des eaux abritées est celui du *Baikal*, qui fut mis en service en 1900 sur le lac de ce nom, en Sibérie. Le lac Baïkal est une véritable mer intérieure, orientée nord-sud, longue de 600 km et large de 80 km. Lorsqu'on construisit le premier transsibérien, on voulut éviter le détour important qu'aurait entraîné le contournement du lac et, en 1896, le Gouvernement russe commanda en Angleterre un bâtiment spécialement conçu pour ce service et qui fut expédié démonté en six mille colis pour être remonté sur place.

A cette époque, le transsibérien n'arrivait pas encore au lac Baïkal, mais seulement à Krasnoïarsk. Les pièces du ferry-boat acheminées jusque-là par rail durent ensuite être transportées à destination par le fleuve Iénisséï et la rivière Angara, en remontant, non sans de très grandes difficultés, le courant assez rapide de cette dernière. Avec ses hautes superstructures, le *Baikal* ne ressemblait en rien aux grands bacs automoteurs dont il vient d'être question. La traversée dure, en effet, quatre heures au minimum, et il a fallu prévoir des installations pour abriter les voyageurs pendant un parcours qui s'effectue souvent dans des conditions de température rigoureuses. Les eaux du Baïkal étant complètement prises par les glaces pendant l'hiver, le train-ferry a été construit sur une coque de brise-glace en acier très robuste, qu'un matelas de bois de 3 m de hauteur et de 45 cm d'épaisseur protège extérieurement sur toute sa longueur. Long de 90 m, large de 17, le *Baikal* est propulsé au moyen de trois machines alternatives de 4 000 ch (deux commandant deux hélices arrière, la troisième attelée sur une hélice avant, disposition très fréquente sur les brise-glaces), assez puissantes pour lui permettre de frayer sa voie à travers des glaces de 1 mètre d'épaisseur environ. Il peut embarquer 25 wagons disposés sur trois voies parallèles.

### Les ferry-boats de pleine mer

Les ferry-boats de pleine mer sont des bâtiments beaucoup plus « complets », en tant que

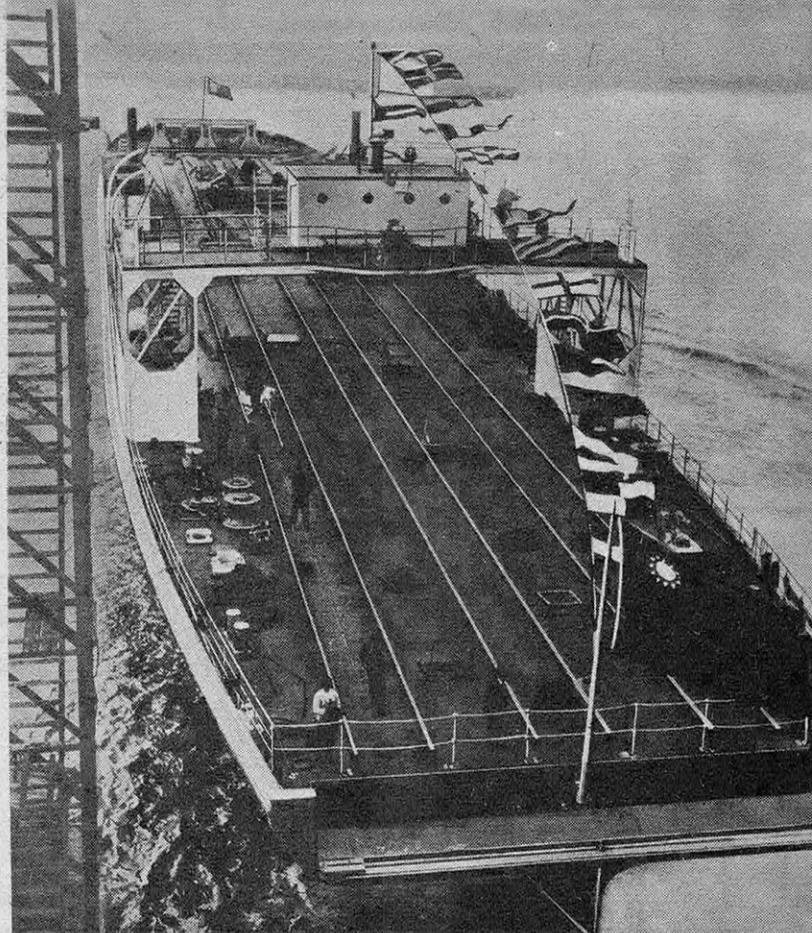


FIG. 3. — LE « CHANG KIANG », TRAIN-FERRY CONSTRUIT EN ANGLETERRE POUR LE FLEUVE YANG TSE, EN CHINE

Long de 112 m et large de 17, ce bâtiment peut porter 1 550 t. Ses machines alternatives lui donnent une vitesse de 12 nœuds. La longueur des voies utilisables atteint 273 m.

navires, que les précédents : ils doivent avoir des formes de carène marines et des superstructures ou, tout au moins, des pavois de défense contre les lames et les embruns de même importance que les paquebots ou les cargos côtiers affectés aux parcours maritimes similaires ; leur stabilité, enfin, doit être parfaite puisqu'ils chargent, non dans les fonds, mais sur un pont situé bien au-dessus de la flottaison, une très lourde charge pouvant atteindre entre 900 et 1 500 t. En outre, leurs parcours sont le plus souvent tels qu'ils ont à transporter, en dehors des trains et de leur chargement, des passagers et des marchandises, parfois des autos : il faut alors prévoir des salons, un restaurant, voire même, dans certains cas de parcours nocturnes, des dortoirs et des cabines.

Les plus représentatifs des ferries de cette catégorie, ceux qui furent aussi les premiers à effectuer une traversée maritime d'assez longue durée, ont été longtemps les bâtiments du service Trelleborg-Sassnitz, reliant la Suède et l'Allemagne au travers de la Baltique. La photographie du *Konung Gustav V* (fig. 4) montre qu'extérieurement, avec ses deux cheminées et ses deux ponts-promenade, ce bâtiment de 3 070 t, à la silhouette assez effilée, se présente absolument comme un petit paquebot. Propulsé par deux machines alternatives de 5 800 ch alimentées en vapeur par quatre chaudières, le *Konung Gustav V* effectue ses traversées à la vitesse moyenne

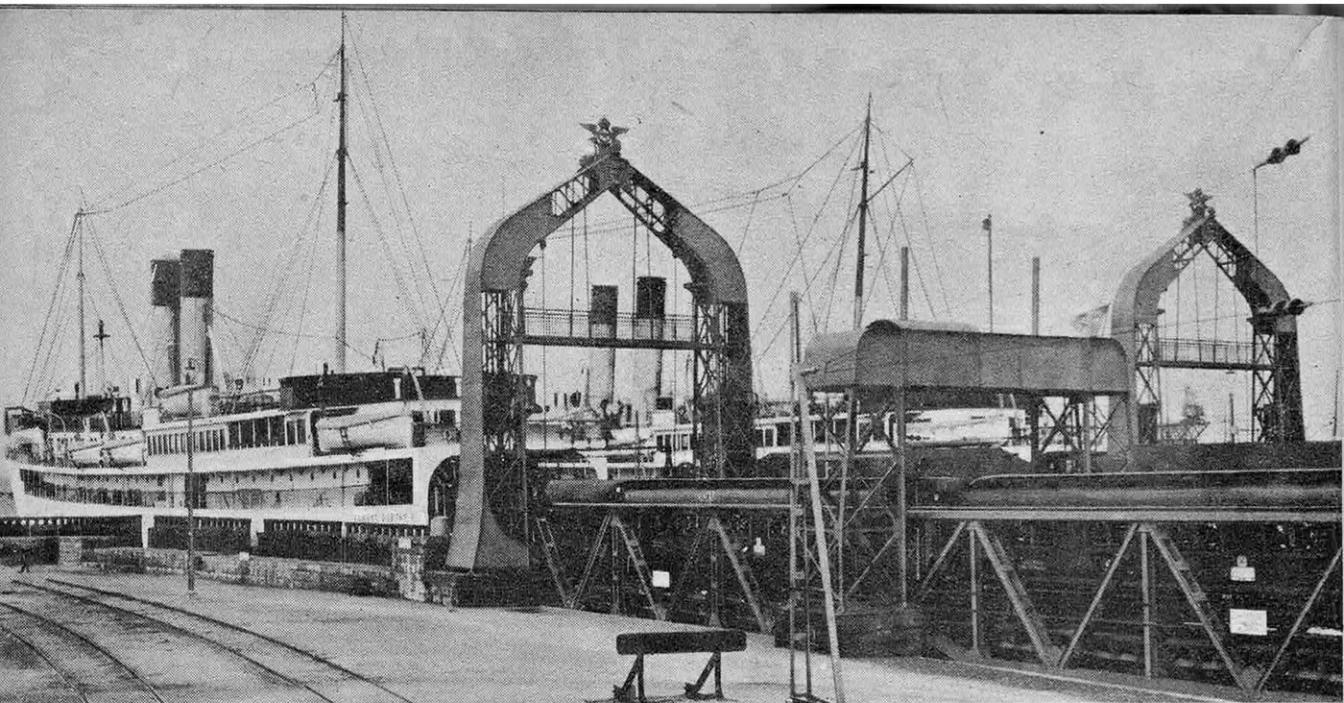


FIG. 4. — EMBARQUEMENT D'UN TRAIN SUR LE « KONUNG GUSTAV V »

Le *Konung Gustav V* est représenté ici dans le port de Trelleborg (Suède) avant la guerre, alors qu'il assurait la liaison entre Trelleborg et Gdynia (Pologne).

de 16 nœuds, en un peu plus de quatre heures. Ses installations comportent 187 m de voie ferrée, et il peut transporter au total 1 150 passagers disposant de toutes les installations habituelles à un paquebot. En plus du *Konung Gustav V* et de son « sister-ship », le *Drottning Victoria*, construits par les chemins de fer suédois, il existait deux bâtiments allemands identiques, le *Deutschland* et le *Preussen*, construits pour ce même service par les chemins de fer du Reich.

Ces bâtiments sont toujours en service ; mais ils assurent également la liaison entre Trelleborg et Gdynia (Pologne). Les chemins de fer suédois ont cependant ajouté à leur flotte, en 1944, le *Starke*, un train-ferry destiné spécialement au transport des marchandises (2 950 tx et 17 nœuds.) A la fin de 1947, Gdynia sera remplacé comme port de débarquement par Stettin, ce qui réduira sensiblement la durée de la traversée.

### Les ferry-boats italiens et scandinaves

Pour effectuer des traversées plus courtes que les bâtiments précédents, les ferries danois des Belt et les bâtiments italiens du service Reggio-Messine ne sont pourtant pas beaucoup moins gros que le *Konung Gustav V* et ses semblables, mais, comme ils naviguent dans des parages moins exposés au mauvais temps, on n'a pas jugé nécessaire de leur donner des pavois aussi importants.

C'est en 1931 que les bâtiments italiens *Scilla* et *Cariddi* sont entrés en service : chacun peut embarquer 28 voitures ou wagons sur une longueur totale de rail de 268 m. (Pour montrer le progrès accompli, rappelons que les premiers ferries mis sur cale en 1897 pour assurer la liaison ferroviaire entre l'Italie et la Sicile ne transportaient chacun que cinq wagons.) En période normale, le *Scilla* et le *Cariddi* effectuaient six et quelquefois sept traversées quotidiennes, transportant chaque fois un plein chargement de wagons, ou bien une cargaison mixte de wagons et d'automobiles. Ce sont, avec un des récents ferries suédois du service Malmoe-Copenhague,

les seuls train-ferries construits en Europe qui aient été jusqu'à présent dotés de la propulsion électrique.

Sérieusement endommagés pendant la guerre ou coulés en eau peu profonde, ces deux bâtiments ont pu être récupérés et reprendront leur service au printemps 1948. Le service Calabre-Sicile sera d'ailleurs renforcé au début de 1948 grâce à la mise en service de deux nouveaux ferries actuellement en construction, mais qui seront un peu moins puissants que les deux *Scilla* ; leur longueur n'est que de 93,40 m et leur vitesse en service sera seulement de 12,5 nœuds ; équipés avec trois voies d'une longueur totale de 165 mètres, ils pourront contenir dix-huit wagons à deux essieux et leurs aménagements leur permettront de recevoir 730 voyageurs.

Les ferry-boats danois les plus récents présentent une disposition d'aménagements à peu près analogue à celle du *Scilla* : le plus représentatif en est le *Fyn*, mis en service au printemps dernier sur la ligne de chemin de fer Esbjerg-Copenhague, entre Nyborg et Korsør.

Le *Fyn* (fig. 1) est le cinquième et le plus gros des train-ferries *Korsør, Nyborg, Sjoelland, Storebaelt* et *Fyn*, que les Danois ont fait construire successivement pour ce service depuis 1927. Long de 108 m, large de 17,67 m, il déplace 4 060 t, et ses deux moteurs diesels à deux temps et six cylindres de 4 400 ch, type Burmeister et Wain, lui assurent une vitesse de 16,5 nœuds, grâce à laquelle la traversée est assurée en une heure environ. Contrairement aux autres ferries, qui n'embarquent normalement que les voitures ou les wagons d'un train, le *Fyn* et ses congénères sont installés pour recevoir les trains automoteurs à moteurs diesels, pesant chacun 152 ou 196 t suivant qu'ils comportent trois ou quatre voitures, que les Danois appellent trains-éclairs (*Lyntog*) en raison de leur vitesse élevée (120 km/h), et qui relie Copenhague aux principaux centres du Jutland. Les ferries appareillent, quelles que soient les circonstances, aussitôt ces trains embarqués

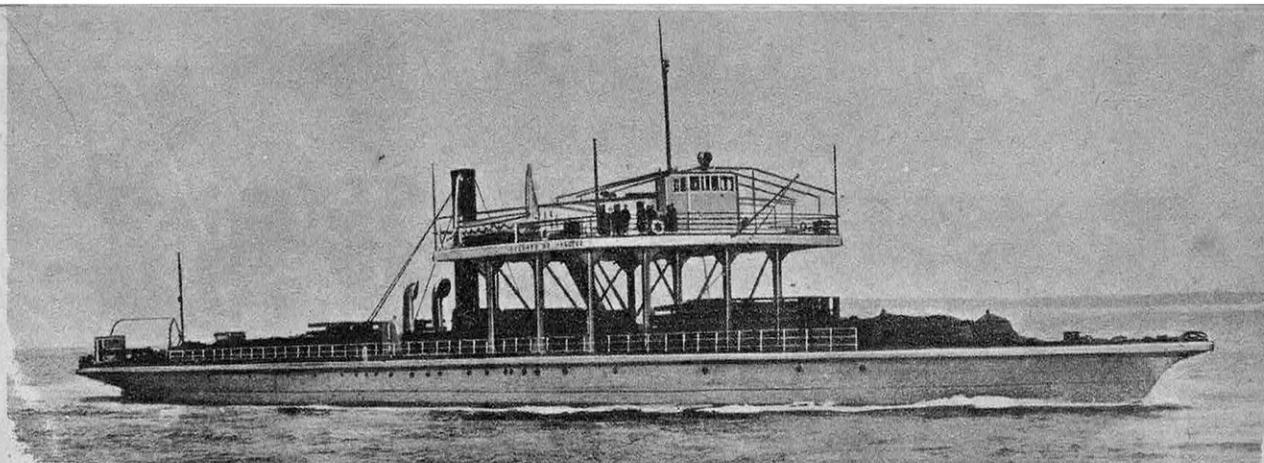


FIG. 5. — LE « DOLORES DE URQUIZA », TRAIN-FERRY ASSURANT EN ARGENTINE, SUR LA RIVIÈRE PARANA, LA LIAISON AVEC LA PROVINCE D'ENTRE RIOS

*Ce bâtiment est un exemple caractéristique de grand train-ferry construit pour la navigation dans les eaux abritées, lorsque les exigences du trafic voyageurs n'exigent pas de doter ces bâtiments d'aménagements confortables pour les passagers.*

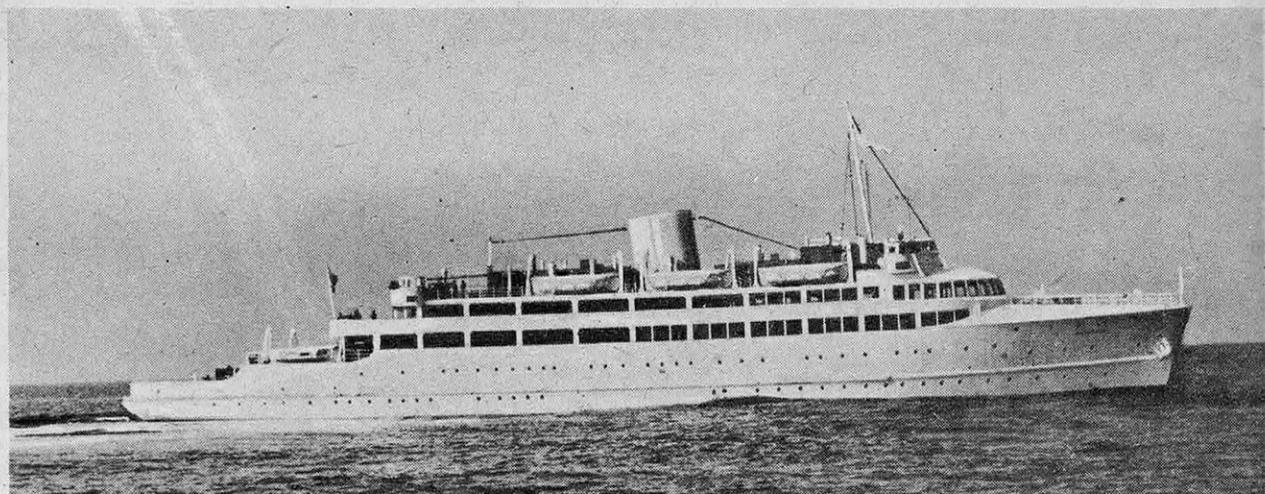


FIG. 6. — LE TRAIN-FERRY SUÉDOIS « MALMOHUS », DU SERVICE MALMOE-COPENHAGUE, A PROPULSION DIESEL-ÉLECTRIQUE

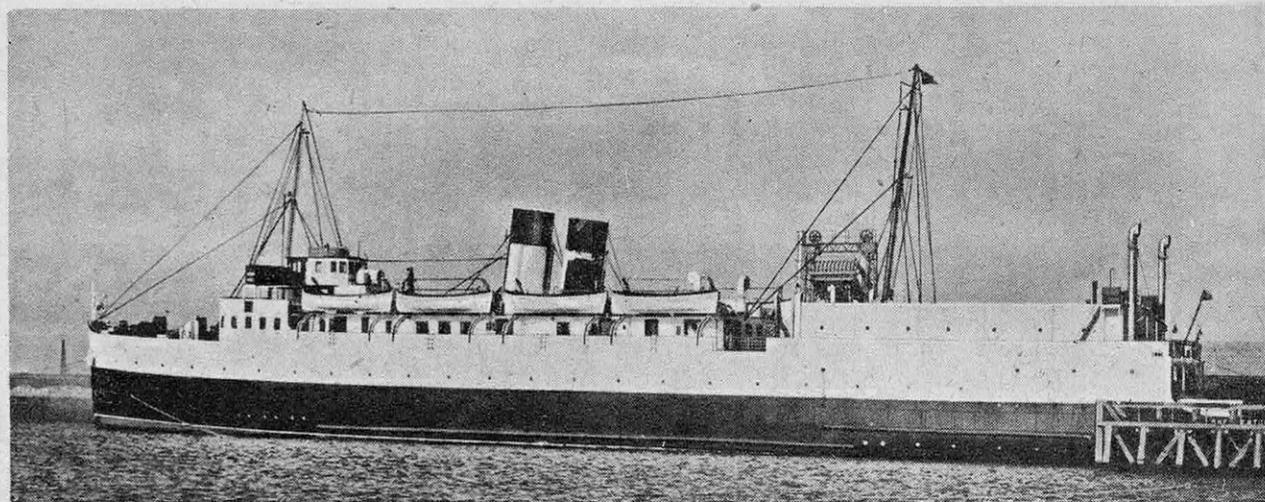


FIG. 7. — LE « TWICKENHAM FERRY » DU SERVICE FRANCO-ANGLAIS DUNKERQUE-DOUVRES

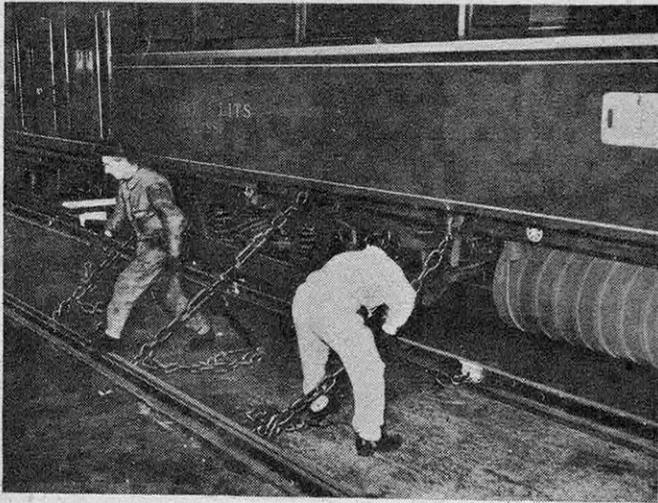


FIG. 8. — LA FIXATION DES VOITURES A VOYAGEURS A BORD D'UN FERRY DU SERVICE DUNKERQUE-DOUVRES

et les débarquent de même dans le délai minimum. Chaque jour, six de ces trains-éclair sont ainsi transportés dans chaque sens. A défaut de ces trains, le *Fyn* peut charger, soit 30 wagons à deux essieux, soit 13 voitures à bogies.

Extérieurement, le *Fyn* se présente beaucoup plus que ses prédécesseurs comme un paquebot, en raison d'une fausse étrave qu'un mécanisme hydraulique permet de relever (fig. p. 214) pour le débarquement ou l'embarquement des trains.

Jusqu'en 1935, il existait huit services de train-ferries danois. Trois ont été supprimés depuis et remplacés par des ponts géants.

Les ferries suédois du service Malmoe-Copenhague sont très semblables au *Fyn* que nous venons de décrire et à ses congénères, quoique un peu plus petits. Le plus récent, le *Malmöhus* (2 550 tx), est entré en service en 1943 (fig. 6).

### Les train-ferries France-Angleterre

Les premiers train-ferries mis en service entre la France et l'Angleterre ont été trois bâtiments désignés T. F. (pour train-ferry) n<sup>os</sup> 1, 2 et 3, construits en 1916-1917 pour assurer le transport entre le port de Richborough et la côte française (Calais ou Dunkerque) de trains militaires chargés de ravitaillement et surtout de munitions, dont on voulait éviter le double transbordement aux ports de départ et d'arrivée. Ils ne comportaient pas d'installations pour le service des passagers, et leur aménagement général rappelait celui des ferries comme le *Chang Kiang*, dont il a été question plus haut. Après 1918, ces bâtiments ont été utilisés pendant plusieurs années pour acheminer des wagons de marchandises entre l'Angleterre et la Belgique (service Harwich-Zeebrugge).

Ce service vient d'être renforcé par un nouveau bâtiment, le *Suffolk Ferry* (38 wagons), mis en service en septembre 1947.

La décision de rétablir un service de train-ferries entre la France et l'Angleterre fut prise en 1930 : on voulait instituer un service tel qu'un passager acceptant de voyager de nuit pût être transporté de Paris à Londres et *vice versa* sans

avoir à subir les transbordements de train à paquebot auxquels obligent les services des paquebots trans-Manche. Trois bâtiments ont été construits pour assurer ce service et sont entrés en fonction en octobre 1936, le *Twickenham Ferry* (fig. 7) battant pavillon français, le *Hampton Ferry* et le *Shepperton Ferry* qui naviguaient sous pavillon anglais. La traversée choisie fut celle de Dunkerque à Douvres, ces deux ports ayant été préférés parce que les différences de niveau entre la haute et la basse mer y sont moins importantes que dans les autres ports de la Manche. A Douvres, pourtant, où il n'existe pas de bassin fermé, il fallut prévoir un sas-écluse, véritable ascenseur marin dans lequel le niveau du plan d'eau peut être amené à la hauteur voulue par pompage. A Dunkerque, les installations comportent plus simplement un berceau d'accostage dans lequel les ferries s'amarrèrent par l'arrière et à tribord, une simple passerelle assurant la liaison entre la terre

et le bâtiment.

Les deux ferries survivants du service anglo-français, car le *Shepperton Ferry* a été détruit en 1941 dans le port de Belfast au cours d'un raid aérien (1), sont longs de 110 m et larges de 18 m ; ils ont un tirant d'eau en charge de 4,2 m, une jauge brute de 3 500 tx environ et une vitesse de 16 nœuds. Ils étaient remarquables par leur appareil moteur à turbines, ce mode de propulsion ayant été préféré en raison de son fonctionnement plus silencieux (voyages de nuit) et par le choix du charbon comme combustible (chaudières à chauffe mécanique). La raison de cette préférence donnée à la houille tient dans le fait que ce combustible était alors jugé plus économique ; d'autre part, les soutes avaient été disposées de telle sorte qu'en amenant à leur aplomb les wagons chargés du charbon il suffisait d'ouvrir des trappes ménagées dans le pont principal pour en faire le plein rapidement et sans manutention compliquée, par simple déversement des véhicules. La crise du charbon vient cependant de décider leurs armateurs à doter ces bâtiments de la chauffe au mazout.

Chacun de ces ferries peut transporter soit les 12 voitures wagons-lits et les 2 fourgons d'un train à voyageurs, matériels longs de 19,72 m chacun, soit 40 wagons de marchandises de 7,50 m. Outre une traversée quotidienne dans chaque sens avec la rame wagons-lits du service direct Paris-Londres, ces ferries assuraient, en effet, deux ou trois traversées quotidiennes de rames de marchandises. La suppression du transbordement présentait là encore un intérêt incontestable dans le cas des produits périssables ou fragiles, tels que les fruits ou primeurs, car on supprimait de nombreuses manutentions, génératrices d'avaries. Après la mise en service de ces ferries, le trafic des fruits et primeurs d'Algérie et de la vallée du Rhône à destination de l'Angleterre avait d'ailleurs pris une extension

(1) Une information récente de presse indique que l'épave de ce bâtiment a été relevée et qu'il pourrait être réparé et remis en service.

considérable. Le service des ferries franco-anglais, naturellement interrompu pendant la guerre doit reprendre prochainement.

Les ferries franco-anglais sont également aménagés pour transporter des passagers ordinaires et disposent à l'arrière d'un garage clos et couvert pouvant contenir environ 25 automobiles. Construit en acier et entièrement isolé des œuvres vives du bateau, ce garage permet

d'éviter la vidange des réservoirs d'essence.

Le service des train-ferries entre Dunkerque et Douvres montre deux exemples typiques des dispositifs qu'il faut prévoir pour assurer la liaison entre la terre et le bateau. Sur certaines rivières, cependant, ou dans certains estuaires où les hauteurs d'eau sont très variables en raison de l'irrégularité du débit du fleuve ou de l'importance de la marée, on a parfois préféré aménager

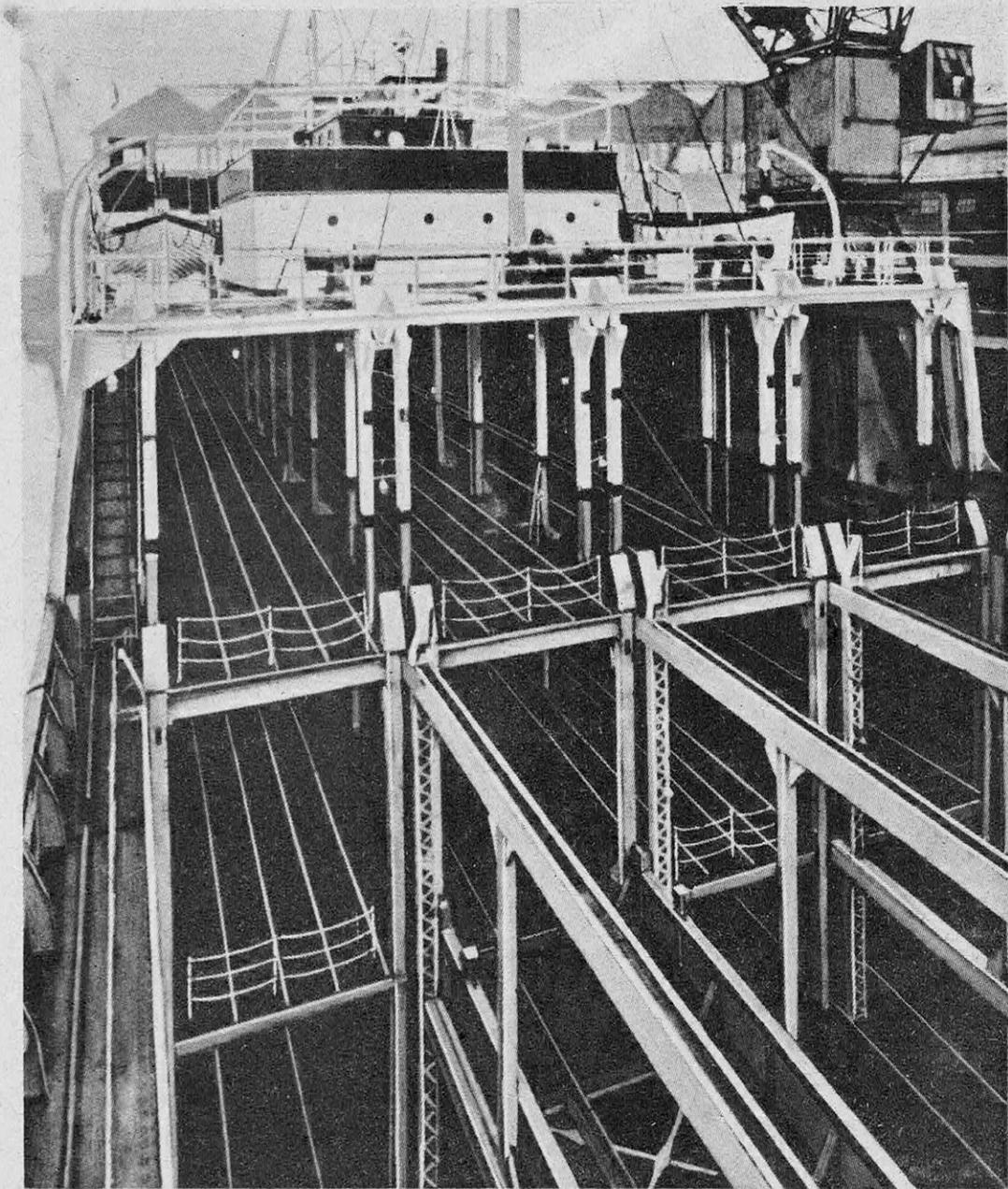


FIG. 9. — LES TROIS ÉTAGES DE CALES DU SEA-TRAIN DU SERVICE LA HAVANE-NOUVELLE ORLÉANS

Un élévateur à double mouvement vertical et transversal permet la mise en place des wagons, après qu'ils ont été embarqués au moyen d'une grue ou d'un mât de charge.

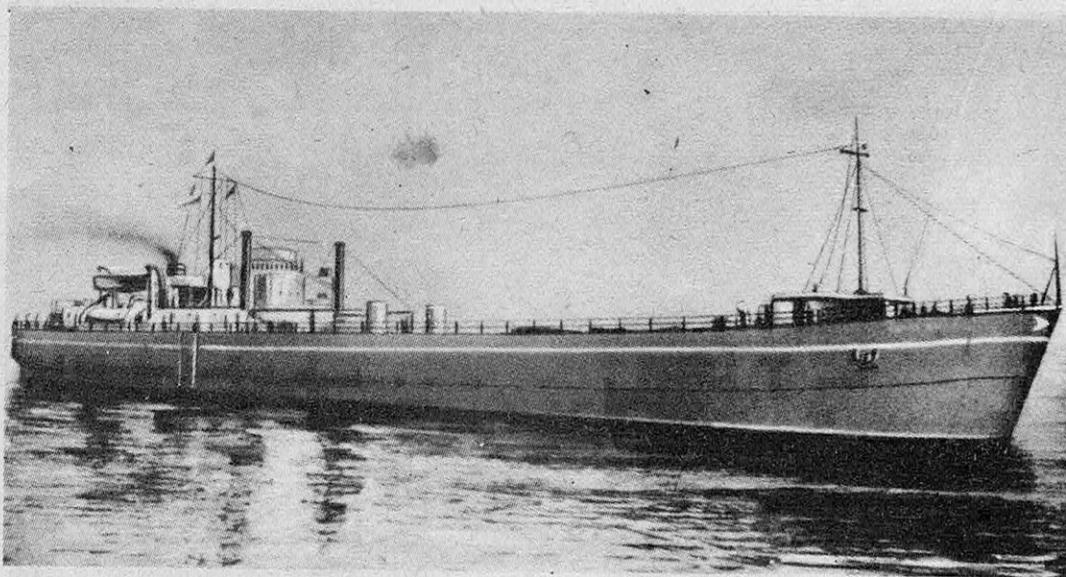


FIG. 10. — L' « EMPIRE BALTIC », AUTREFOIS CHALAND AUTOMOTEUR DE DÉBARQUEMENT DU TYPE L. S. T., RÉCEMMENT AMÉNAGÉ POUR LE TRANSPORT DU MATÉRIEL FERROVIAIRE

directement, à bord du ferry lui-même, une superstructure spéciale (élévateur) pour amener successivement les wagons transportés au niveau voulu. Ces bâtiments sont appelés des *lift-ferrys* (ferrys-ascenseurs) : il en a été construit en particulier pour le fleuve Volga, en Russie, et pour certains services du Saint-Laurent, au Canada.

### Les « sea-trains » américains

Un type spécial de train-ferrys est représenté par cinq bâtiments construits aux États-Unis entre 1928 et 1940 pour assurer un service régulier entre La Havane (Cuba) et la Nouvelle-Orléans, et dénommés *sea-trains* (trains de la mer). Ce sont de grands cargos spécialement aménagés pour le transport de wagons plutôt que de véritables ferrys ; 95 à 102 grands wagons à double bogie du type américain, représentant un poids de 6 200 t, sont, en effet, embarqués par une grande écaille de 17 m de long sur 19 m de large, au moyen d'une grue ou de mâts de charge. Les wagons sont rangés en quatre files parallèles sur des rails et répartis sur trois étages correspondant à la cale, à un entrepont et au pont principal (fig. 9) ; les voies représentent une longueur utilisable de plus de 950 m au total. Une fois à poste, les wagons sont fixés de façon à faire complètement corps avec le navire grâce à un dispositif d'immobilisation des ressorts de suspension et à des sabots métalliques reliés entre eux par des barres formant tendeurs qui bloquent les roues. Les *sea-trains* ont une jauge brute de près de 8 000 tx (rappelons qu'un *liberty-ship* a une jauge brute d'environ 7 200 tx) et un déplacement en charge qui atteint jusqu'à 16 000 t. Les plus grands mesurant 143 m de longueur ont donc des dimensions beaucoup plus considérables que les trains-ferrys proprement dits. Les marchandises enfermées dans les wagons qu'ils transportent étant souvent de nature périssable, les *sea-trains* présentent une autre caractéristique intéressante : leur aménagement frigorifique, qui comporte une canalisation de

saumure assurant un circuit de froid à l'intérieur des wagons.

Pendant la guerre, les *sea-trains* ont été réquisitionnés pour le train d'escadre de la marine de guerre américaine. Certains ont été aménagés en transports d'hydravions, d'autres ont été utilisés au moment des opérations de Normandie, en 1944, pour amener à Cherbourg du matériel ferroviaire américain. Plus récemment, deux d'entre eux, le *Lakehurst* et le *Texas*, ont débarqué à Marseille plusieurs chargements de locomotives à vapeur du type 141 R, commandées par la S. N. C. F. aux États-Unis, (1) transportant à chaque voyage 38 groupes locomotive-tender, d'un poids individuel de 140 t.

### Les chalands de débarquement utilisés comme « ferrys »

L'idée est naturellement venue d'utiliser pour transporter du matériel ferroviaire les grands chalands de débarquement à porte ouvrante dans l'étrave que les Anglo-Américains ont construits à plus d'un millier d'exemplaires pendant la dernière guerre pour amener à pied d'œuvre camions et chars d'assaut et qu'ils désignaient par *L. S. T.* (*Landing Ship Tank*). Sur ces bâtiments de près de quatre mille tonnes en charge, auxquels des moteurs diesels assurent une vitesse de 12 à 13 nœuds, les véhicules sont répartis en deux étages, l'étage supérieur communiquant avec le « pont-levis » rabattable dans l'étrave soit au moyen d'un ascenseur, soit au moyen d'une rampe. Un armateur anglais a récemment acheté trois *L. S. T.* pour les transformer en ferrys ; deux ont été aménagés pour acheminer des véhicules routiers entre Tilbury (port de Londres) et Anvers, Rotterdam ou Hambourg, mais le troisième, baptisé *Empire Baltic* (fig. 10), a été spécialement aménagé comme transport de matériel ferroviaire. Les locomotives ou les

(1) Voir : « Les locomotives américaines en France » (*Science et Vie*, n° 340, janvier, p. 10).

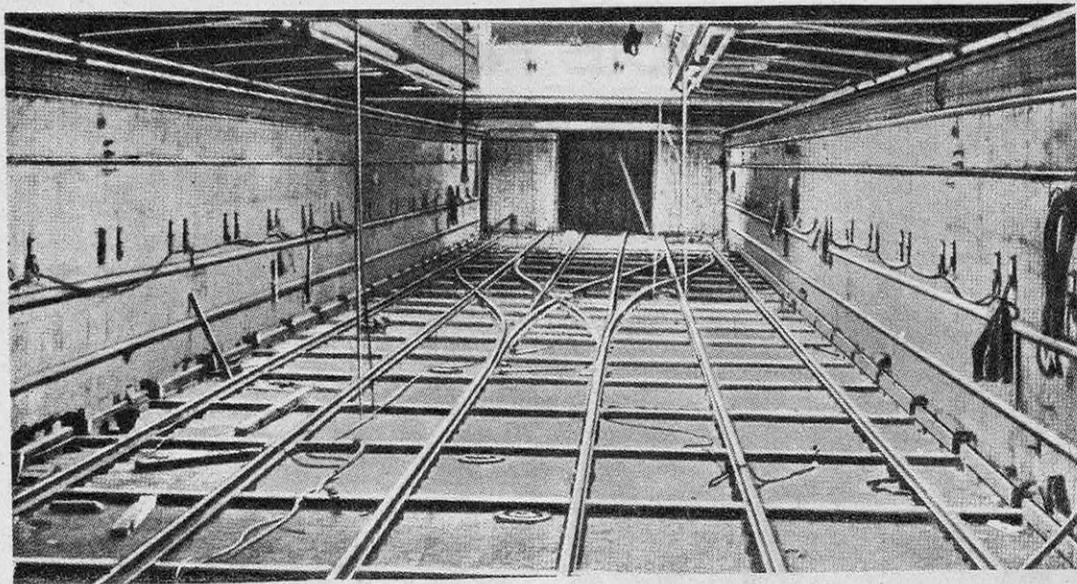


FIG. 11. — L'UN DES DEUX ÉTAGES DE CALES DE L'« EMPIRE BALTIC »

wagons, chargés dans la cale par la porte d'étrave ou au moyen d'une écouteille de grandes dimensions ouverte dans le pont principal, sont disposés sur trois voies parallèles (fig. 11). Lors d'un de ses premiers voyages, l'*Empire Baltic* a transporté de Southampton à Split (côte de Dalmatie), via Oran, un chargement de 22 locomotives à vapeur de manœuvre de l'armée américaine envoyées par l'U. N. R. R. A. en Yougoslavie. Il s'agit, on le voit, d'un bâtiment beaucoup plus assimilable aux sea-trains américains qu'aux train-ferries proprement dits.

### Les ferries pour automobiles

On aura remarqué, à propos de quelques-uns des train-ferries mentionnés dans cet article et des *L. S. T.* récemment transformés, la mention, faite à plusieurs reprises, d'aménagements spéciaux permettant à ces bâtiments de transporter des automobiles. Le développement de l'automobile et du camionnage a, en effet, rendu nécessaire la création de moyens de transports maritimes appropriés, des routes à grande circulation pouvant être interrompues ou fragmentées dans les mêmes conditions que les voies ferrées.

Il va de soi que les installations qu'il faut prévoir pour le transport des autos sont beaucoup plus simples que dans le cas des wagons, car il s'agit de véhicules bien moins lourds et moins encombrants ; en outre, il est inutile de prévoir des rails et des butoirs. On a été ainsi amené à construire, depuis une quinzaine d'années, des ferries spéciaux pour le transport des automobiles, dont les plus importants, qui ne sont que de grands bacs automoteurs avec vastes ponts-promenade et salons, sont en service dans la baie de San-Francisco. Suivant le cas, ces bâtiments se comparent, dans une certaine mesure, aux train-ferries, tels les bâtiments américains que nous venons de signaler, ou bien aux transports genre sea-trains. A ce dernier type appartient le petit cargo *Autocarrier* lancé en 1931 pour le service Calais-Douvres du Southern Railway,

qui peut charger plusieurs dizaines de véhicules embarqués au moyen d'un grue. Devant le succès de ce bâtiment, les services maritimes belges firent transformer en 1936 un ancien paquebot « trans-Manche » en porteur d'automobiles qu'ils baptisèrent *Londres-Istanbul*. Un pont de ce bâtiment fut spécialement aménagé pour stocker une soixantaine d'automobiles. A cette catégorie appartiennent également les nouveaux cargos à diesels *Nantes* et *Rennes*, que la S. N. C. F. a fait entrer en service en 1946 et 1947 pour le service Dieppe-Newhaven. L'un et l'autre peuvent charger une quarantaine d'autos.

Les chantiers français n'ont jamais eu l'occasion de construire des train-ferries comme ceux que nous avons décrits. On ne saurait mettre à leur actif dans cet ordre d'idées que la construction de quelques bacs automoteurs qui leur ont été commandés à diverses reprises par la Société du Canal de Suez. Un des bâtiments les plus récents de ce genre a été lancé en 1933 à La Ciotat pour le service Port-Saïd-Port-Fouad de cette Société. Long de 30 m, large de 9,30 m, ayant un franc-bord de 1,40 m seulement et un tirant d'eau de 2,30 m, ce petit bâtiment est destiné à transporter le matin et le soir, à l'heure du déjeuner, le personnel de la compagnie. Il peut ainsi embarquer 400 personnes, en même temps que 6 automobiles logées dans une voie charretière de 2,60 m de large, située dans l'axe du bâtiment et à laquelle donnent accès aux deux extrémités des tabliers d'embarquement manœuvrables à bras et par contre poids. Appelé à naviguer dans des eaux relativement abritées, ce ferry a des extrémités symétriques, un gouvernail et une hélice à chaque bout, et est doté de la propulsion diesel-électrique. Pour être d'un tonnage modeste, il n'en est pas moins bien compris ni moins moderne que certaines unités similaires construites de l'autre côté de l'Océan, mais dont certains embarquent jusqu'à six files d'autos en deux étages.

# L'ÉNERGIE NERVEUSE

par le docteur Paul CHAUCHARD

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

*C'est par la pensée que l'homme conquiert le monde ; la libération de l'énergie atomique est l'œuvre du cerveau humain. Quel est le secret de cette énergie nerveuse ? Dans notre monde matériel où le physicien et le biologiste ne veulent voir qu'organisations de matière et d'énergie, à quelle source le cerveau puise-t-il l'énergie nécessaire à son fonctionnement ? Le problème ne saurait trouver de solution dans une transposition en langage scientifique moderne de la vieille notion métaphysique de l'âme, qui demeure sur un autre plan. D'un point de vue exclusivement physiologique, on peut affirmer qu'il n'y a pas d'énergie nerveuse spécifique ; comme les muscles pour agir ou les glandes pour sécréter, le cerveau, pour penser, fait appel aux formes usuelles de l'énergie.*

**Q**U'UNE lumière tombe dans notre œil, qu'un son frappe notre oreille, que nous voulions déplacer tel objet, entre l'organe des sens récepteur, le cerveau, où prend naissance la sensation et qui émet l'ordre moteur, et le muscle exécutant, s'étendent des nerfs sensitifs ou moteurs qui vont être le siège d'un message.

La nature de ce message fut longtemps mystérieuse ; on parlait de l'écoulement « d'esprits animaux » ; on sait aujourd'hui, à la suite des recherches commencées au début du XIX<sup>e</sup> siècle sous l'impulsion des découvertes de Galvani et qui ont abouti aux belles recherches de Erlanger et Gasser utilisant l'oscillographe cathodique, (1) qu'il s'agit d'une onde électrique cheminant le long des fibres nerveuses, l'influx nerveux.

Cette onde d'influx nerveux possède une forme caractéristique, toujours la même. Ce qui diffère d'un nerf à l'autre c'est l'amplitude de l'onde, sa durée et sa vitesse (fig. 1).

Dans le fonctionnement physiologique d'un nerf, on n'a pas affaire à des ondes isolées, mais à des trains d'ondes : tel est le cas des messages sensoriels, où la fréquence des ondes augmente avec l'intensité de l'excitation sensorielle ; c'est de l'appréciation du rythme du message que le cerveau tire la notion d'intensité (fig. 2).

Ce processus électrique sert de base à tout le fonctionnement nerveux. Le système nerveux est formé de neurones, dont les corps cellulaires constituent la substance grise des centres nerveux (cerveau, moelle épinière, ganglions), tandis que leurs prolongements forment la substance blanche de ces centres et les nerfs. Chaque fois qu'un neurone entre en fonctionnement, il est le siège d'ondes électriques d'influx. La physiologie nerveuse étudie comment est utilisée cette activité électrique : activation ou inhibition d'un neurone, harmonisation des aiguillages entre les

(1) Voir : *Science et Vie*, n° 331, avril 1945.

divers neurones pour réaliser un fonctionnement d'ensemble adapté aux besoins de l'organisme. Toute pensée, en particulier, implique un fonctionnement cérébral ; elle comprend donc le cheminement d'influx dans de multiples neurones du cerveau.

## La propagation de l'influx nerveux

L'influx nerveux est un phénomène électrique très spécial, et sa conduction par la fibre nerveuse n'est pas comparable à celle d'un courant électrique ordinaire par un conducteur.

Ce n'est point, en effet, la simple transmission d'une onde électrique créée une fois pour toutes sous l'effet d'une excitation ; l'influx nerveux est

une réaction de la cellule nerveuse dont les caractères ne dépendent pas de ceux de l'excitation, mais des propriétés de l'élément nerveux intéressé. Quand on fait agir un excitant de quel qu'ordre qu'il soit sur une fibre nerveuse (excitant mécanique, chimique, électrique, etc...), on obtient la même onde d'influx. Si l'excitation est trop peu intense, l'onde ne

se déclenche pas ; passé un « seuil » d'intensité, elle se produit, mais reste inchangée si on augmente l'intensité, les intensités très fortes ne pouvant que déclencher des trains d'ondes de plus en plus fréquents. C'est là la loi dite du tout ou rien. Tout se passe pour l'excitation d'une fibre nerveuse comme pour la détonation d'un explosif ; celle-ci se produit toujours identique, quel que soit le procédé d'amorçage.

Cette loi du tout ou rien ne vaut pas seulement pour la mise en route de l'onde d'influx sous l'effet de l'excitant, mais aussi pour sa propagation : l'onde est refaite en chaque point de la fibre nerveuse sous l'effet excitant de l'onde qui y arrive, selon les possibilités locales de ce point. Empoisonne-t-on une portion de fibre nerveuse ? Si l'empoisonnement est très prononcé, le cheminement de l'influx est arrêté ; s'il est moins mar-

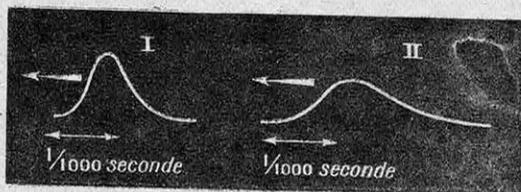


FIG. 1. — DEUX ONDES D'INFLUX NERVEUX

I, Nerf rapide ; — II, Nerf lent. Les flèches indiquent le sens de la propagation.

qué, l'influx peut être freiné, son amplitude diminuée, mais, dès qu'il atteint, par delà le segment empoisonné, une zone normale, il reprend ses premiers caractères ; le freinage ne continue pas (fig. 3). Il en est de même pour la combustion d'une traînée de poudre qui peut être ralentie par une zone humide, mais reprend ensuite sa vitesse normale qui dépend des caractères chimiques de la poudre.

### L'énergie électrique cellulaire

Dans le cas de la poudre, l'énergie qui se manifeste provient de l'énergie chimique libérée par la combustion en chaque point de la traînée. Pour la conduction de l'influx nerveux, l'énergie électrique sera produite par la matière vivante de la fibre nerveuse.

Comme toute cellule vivante, la cellule nerveuse et tous ses prolongements sont entourés d'une couche d'électricité positive, véritable carapace protectrice qui la défend contre le milieu extérieur. Toute excitation a pour effet d'annuler en un point cette charge électrique : il y a *dépolarisation* ; il en est ainsi au niveau des terminaisons sensibles ou sensorielles, que l'excitation soit chimique (vision, brûlure) ou physique (audition, tact). Cette dépolarisation va constituer un facteur d'excitation électrique pour la zone immédiatement voisine de la fibre nerveuse qui va se dépolariser à son tour, tandis que la zone excitée primitivement va recouvrer sa charge normale. La continuation de proche en proche de ce processus assure le cheminement le long de la fibre d'une zone dépolarisée qui est l'onde d'influx. Elle ne revient pas en arrière par suite du phénomène dit de la *période réfractaire* : une zone qui vient de se repolariser est momentanément inexcitable, c'est-à-dire incapable de se dépolariser à nouveau (fig. 4).

Ce qui donne à l'onde d'une fibre nerveuse donnée ses caractères propres, c'est la vitesse avec laquelle va se faire la repolarisation ; il y a lutte entre l'action dépolarisante de l'excitant et la tendance de la cellule vivante à se repolariser, à reprendre sa carapace protectrice. Il existe des cellules nerveuses « lentes », c'est-à-dire qui sont lentes à se repolariser : l'influx y est long et lent ; les fibres « rapides » se repolarisent vite avec un influx bref et vif.

On voit donc, en définitive, que l'énergie mise en jeu dans le fonctionnement nerveux est l'énergie électrique cellulaire ; il s'agit maintenant de préciser l'origine de cette énergie.

### La chimie de l'influx nerveux

La production d'énergie électrique, cette polarisation superficielle, est une conséquence du dynamisme vital. Une cellule vivante n'est jamais au repos ; à l'inverse de nos machines inertes, elle a besoin de travailler pour maintenir sa structure même, perpétuellement menacée de destruction ; l'énergie dont elle a besoin, elle la tire de la libération de l'énergie accumulée dans les substances chimiques qui lui servent d'*aliments*, au premier rang desquels viennent les sucres.

La synthèse des sucres est principalement le fait des plantes vertes qui, grâce à la chlorophylle qui capte l'énergie solaire, peuvent édifier la molécule de sucre à partir d'éléments empruntés au monde minéral, notamment le gaz carbonique de l'air. C'est cette énergie solaire ainsi emmagasinée qui va être source d'énergie pour les cellules et particulièrement la cellule

nerveuse. Pour cela, la molécule de sucre doit être détruite. Depuis Lavoisier, on sait que c'est là le rôle de la *respiration*, qui « brûle » la molécule de sucre en la ramenant à l'état de gaz carbonique et d'eau, avec mise en liberté de l'énergie qui avait servi à la constituer. Cette combustion se fait dans des conditions très spéciales, dues à la présence dans la cellule de ces substances actives que sont les *diastases*.

Les recherches modernes ont précisé les mécanismes intimes de ces processus respiratoires, qui comprennent une longue suite de réactions complexes. Contrairement à ce qu'on croyait tout

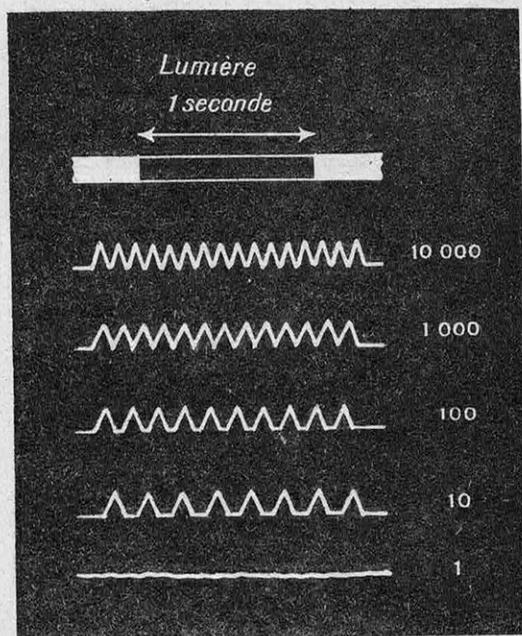


FIG. 2. — MESSAGES SENSORIELS D'UN NERF OPTIQUE LORSQUE VARIE L'INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE EXCITATRICE

Les influx conservent la même amplitude, mais leur fréquence est d'autant plus grande que l'intensité lumineuse est plus forte.

d'abord, il ne s'agit pas fondamentalement d'une combustion du carbone du sucre, mais d'une oxydation de l'hydrogène. On sait aussi aujourd'hui que cette intervention de l'oxygène dans la production d'énergie cellulaire, si elle est bien essentielle, n'est qu'un phénomène secondaire, un procédé libérant beaucoup d'énergie, mais de façon peu rapide. Avant d'utiliser cette source d'énergie du glucose, la cellule fait appel à des réserves d'énergie chimique plus faibles, mais plus facilement mobilisables : c'est d'abord la décomposition de l'*acide adénosine-triphosphorique* (fig. 5), corps complexe formé de l'association d'une base organique, d'un sucre et de trois molécules d'acide phosphorique ; il perd facilement une molécule d'acide phosphorique en libérant de l'énergie, en une réaction quasi-explosive et immédiate. Mais la quantité présente de ce corps étant faible, la réserve d'énergie est vite épuisée ; alors intervient la décomposition d'un autre dérivé phosphorique, l'*acide*

créatine-phosphorique ou phosphagène (fig. 5), source d'énergie plus considérable dont la libération permet la resynthèse de l'acide adénosine-triphosphorique qui se retrouve prêt à une nouvelle décomposition. Une fois épuisée la réserve de phosphagène, la cellule la reconstitue grâce à l'énergie empruntée à une destruction incomplète du sucre en l'absence d'oxygène, destruction qui aboutit à la production de molécules organiques plus simples, mais toxiques, comme l'acide lactique. Dans ces conditions, la cellule ne pourrait continuer longtemps à vivre ; elle s'intoxiquerait et ne pourrait réparer son usure. Grâce à

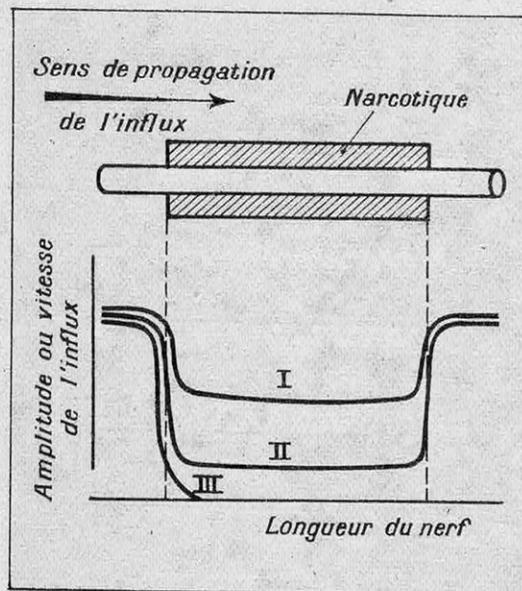


FIG. 3. — EFFET D'UNE INTOXICATION LOCALE SUR LE FONCTIONNEMENT D'UNE FIBRE NERVEUSE

L'amplitude et la vitesse de propagation de l'influx sont réduites dans la zone intoxiquée, mais reprennent leurs valeurs primitives à la sortie. La courbe I correspond à une intoxication faible, la courbe II à une intoxication plus forte. En III, l'intoxication est telle que l'influx est totalement arrêté.

l'oxygène, l'acide lactique sera brûlé, fournissant de l'énergie, et cette énergie permettra à la cellule de faire la synthèse des substances organiques qui lui sont nécessaires : en particulier, une partie de l'acide lactique sera transformée en sucre utilisable ultérieurement.

Ces réactions se produisent incessamment dans une cellule vivante dite au repos. Son entrée en activité, c'est-à-dire en suractivité, en activité fonctionnellement utile à l'organisme : contraction de la cellule musculaire, sécrétion de la cellule glandulaire, conduction d'influx de la cellule nerveuse, ne comportera pas de différence chimique fondamentale ; il y aura simplement augmentation considérable de l'activité de base. Ainsi, quand une cellule nerveuse est excitée, ce qui implique une dépolarisation locale, le travail de la cellule comportera, outre l'entretien de repos, le comblement de la brèche dépolarisée. Le premier stade est une dépolarisation ; elle déclenche toute une activité chimique correctrice qui comporte d'abord l'entrée en jeu instantanée

de l'acide adénosine-triphosphorique, puis celle du phosphagène, enfin du glucose, avec finalement nécessité de l'intervention de l'oxygène pour éviter un empoisonnement du nerf, empoisonnement qui se constate si, expérimentalement, on le fait fonctionner à l'abri de l'air. L'onde électrique d'influx nerveux est ainsi suivie de toute une onde chimique se propageant le long du nerf et dont nous commençons à analyser les réactions qui sont encore mal connues. La dépense d'énergie apparaît surtout comme une dépense de restauration.

Ainsi, le fonctionnement du nerf n'est pas gratuit, il exige la fourniture de matériaux alimentaires comme le glucose et l'oxygène. Les réactions ne sont pas toujours bien ajustées, aussi aboutit-on à l'élimination de déchets toxiques en dehors de l'inévitable gaz carbonique, sous-produit de la respiration ; il y a perte de substance, comme les éléments de l'acide adénosine-triphosphorique ou du phosphagène, et nécessité de les renouveler ; les diastases qui activent toutes ces réactions s'usent également, et, pour les reformer, la cellule a besoin de certaines substances spéciales dont elle ne peut faire la synthèse ; telle est la source du besoin d'hormones et de vitamines. Enfin, comme dans toutes les transformations énergétiques, il y a une dégradation de l'énergie, une perte sous forme de chaleur. Déjà le dynamisme de repos dégage de la chaleur, mais, en activité, la chaleur produite par la cellule est très augmentée ; la mesure de cette chaleur est un moyen indirect précieux d'évaluer l'activité chimique.

### Comment on mesure l'énergie nerveuse

Voyons rapidement quelques exemples de cette chimie nerveuse. Il n'existe pas de différence fondamentale entre le nerf, fait de fibres nerveuses, et les centres où siègent les corps cellulaires. Cependant l'activité chimique est bien plus intense et plus facile à déceler dans les centres qui possèdent également les plus grands besoins et souffrent beaucoup plus en cas de manque d'un élément indispensable.

L'étude de la respiration nerveuse peut se faire sur des fragments isolés placés dans de petites chambres respiratoires en rapport avec un manomètre sensible (fig. 6) ; on possède aujourd'hui des appareils permettant d'apprécier le quinzième de millimètre cube. On peut aussi utiliser des méthodes physiques de dosage de l'oxygène ou, pour les centres, faire des dosages comparés dans le sang artériel et le sang veineux.

Le cerveau a une respiration très active ; c'est l'organe qui respire le plus : 100 g de cerveau absorbent entre 600 et 800 cm<sup>3</sup> d'oxygène par minute. La respiration augmente de plus de 100 % sur des centres hyperexcités par la strychnine ; elle diminue au contraire sur l'animal anesthésié, c'est-à-dire un cerveau non seulement au repos, mais intoxiqué. Les autres centres respirent moins activement, les nerfs encore moins : un nerf sciatique de chien, au repos à 37° C, absorbe en une heure 18 cm<sup>3</sup> pour 100 g de nerf ; soumis à des excitations répétées (100 par seconde), un nerf a sa respiration de 1,3 à 4 fois plus active. On a pu déceler l'augmentation de respiration d'un nerf optique quand on envoie un pinceau lumineux dans l'œil.

Une moelle de grenouille absorbe au repos 4 mg de glucose en vingt-quatre heures et, si elle est excitée, autour de 10 mg. Le passage dans le cerveau de 100 cm<sup>3</sup> de sang lui fait perdre

9 mg de glucose (quatre ou cinq dans les membres). Un nerf de grenouille consomme au repos 2 à 3 mg de glucose par gramme et par vingt-quatre heures, 5 mg en activité. A côté de cette consommation de sucre, il y a une consommation de substances protidiques et de graisses : un chat dont les paupières sont cousues détruit moins de protides dans ses centres visuels ainsi mis au repos. Comme déchets azotés, on trouve que le système nerveux produit de l'ammoniaque : entre 0,3 et 0,4 p. 100 par heure au repos, et le double en activité pour le nerf.

En ce qui concerne la chaleur produite, il faut, pour la décélérer au niveau du nerf, employer des méthodes très sensibles, surtout des piles thermoélectriques spéciales (Hill) ; on sait apprécier aujourd'hui quelques milliardièmes de degré, correspondant à la combustion de 0,2 milliardième de gramme de sucre. Le nerf au repos dégage 4,14 millièmes de calorie par gramme et par minute. Ce chiffre double en activité : le passage d'un seul influx dans 1 cm de fibre nerveuse dégagerait un trillionième de calorie ; ceci ne devient sensible que pour de nombreux influx passant dans les multiples fibres d'un nerf. Le dégagement se fait en deux phases : une onde calorifique ample et fugace suit l'influx, et un dégagement de chaleur *retardé* correspond aux processus chimiques plus tardifs. On peut mesurer sur l'animal le dégagement de chaleur dans le cerveau en plaçant de fines aiguilles thermoélectriques qui ne troublent en rien le comportement de l'animal : l'illumination des yeux cause dans les centres optiques une augmentation de température de 0°015. La température du cerveau s'abaisse de quelques dixièmes de degré dans le sommeil naturel. D'après l'allure de la courbe thermique, on peut déduire l'état de l'animal, en particulier le passage de la somnolence au sommeil complet (fig. 8).

### Les besoins du cerveau

L'activité de la pensée ayant pour base l'incessante propagation d'influx dans les milliards de cellules nerveuses cérébrales, et, ces influx mettant en jeu tout le dynamisme vital de ces cellules, il en résulte que, pour que la pensée puisse s'effectuer normalement, il faut que le fonctionnement correct des neurones soit assuré, qu'ils reçoivent toutes les substances dont ils ont besoin, soient débarrassés de tous les déchets qui pourraient les empoisonner. Sinon se produiront des troubles psychiques. Des besoins analogues existent pour les centres inférieurs et les nerfs, mais, comme ils sont bien plus réduits, ils seront plus faciles à satisfaire : c'est presque toujours l'écorce cérébrale, siège de la vie psychique, qui, en raison de ses grands besoins dus à l'activité plus intense de ses neurones, sera exposée à des accidents. Cette souffrance du cerveau se traduit par un ralentissement de plus en plus marqué de l'activité cérébrale, aboutissant à la somnolence puis au coma. Si les mauvaises conditions se prolongent, il pourra y avoir des lésions irrémédiables, et la conscience ne reviendra plus.

Ravitaillement et évacuation sont assurés par le sang ; aussi le cerveau est-il doté d'une riche vascularisation. La substance grise cérébrale a 1 100 mm de capillaires par millimètre cube de tissu ; la substance blanche n'en a que 300, le muscle 6 ; c'est donc l'organe qui a le débit circulatoire le plus élevé, et ce débit est adapté aux besoins grâce à une importante régulation fondée en particulier sur l'existence d'un appa-

reil sensitif situé dans l'artère carotide, sur le trajet du sang qui va au cerveau, appareil qui apprécie la tension du sang et sa teneur en oxygène, donnant des messages réflexes permettant de corriger une tension insuffisante ou une oxygénation déficiente (fig. 9).

Il suffit de 6 à 8 secondes d'interruption totale de l'irrigation cérébrale pour provoquer la perte de conscience ; au bout de 20 secondes, l'activité électrique du cerveau disparaît. De nombreux expérimentateurs ont précisé la sensibilité des divers centres à l'anémie ; c'est l'écorce cérébrale qui est de loin la plus sensible, d'où la

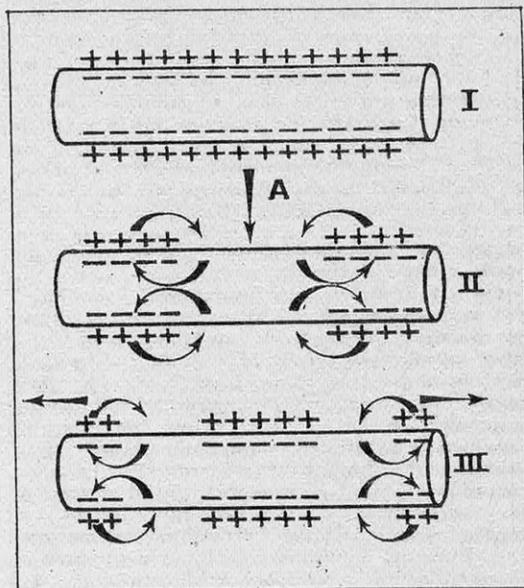


FIG. 4. — SCHEMA DU MÉCANISME DE LA PROPAGATION DE L'INFLUX NERVEUX

En I, la fibre nerveuse est à l'état de repos, entourée d'une couche d'électricité positive. En II, une excitation en A détruit localement la polarisation. En III, la dépolarisation se propage, tandis que la fibre reconstruit progressivement sa polarisation primitive.

nécessité d'aller très vite dans la thérapeutique des syncopes cardiaque ou respiratoire. L'hypotension artérielle, une hémorragie, une anémie poussée freinent le fonctionnement cérébral. L'interruption de la circulation dans certaines artères cérébrales (embolie, artériosclérose, hémorragie cérébrale) cause des troubles graves de la zone intéressée. Si celle-ci est étendue, le sujet sombre dans le coma (*ictus* de l'apoplexie cérébrale).

Des phénomènes très comparables se produisent s'il y a simplement manque assez poussé d'oxygène dans le sang qui arrive au cerveau pour une cause quelconque ; tel est le cas notamment du coma qui survient en haute altitude si on n'a pas soin de respirer de l'oxygène au moyen d'un masque. De lui-même, l'organisme tend à remédier au trouble en commandant une respiration accélérée (1).

(1) Voir : « Comment notre corps maintient ses équilibres vitaux » (*Science et Vie*, n° 361, octobre 1947 p. 181).

Une alimentation insuffisante, le jeûne conduit à un ralentissement du psychisme. Si le glucose diminue trop dans le sang soit par apport insuffisant, soit par présence en excès de l'hormone qui diminue la teneur du sang en sucre, l'insuline, on tombe dans le coma (fig. 11) ; inversement, en présence d'un excès de glucose, et en particulier, si l'insuline est déficiente, on obtient un coma d'origine inverse, le coma diabétique, dont le déterminisme est d'ailleurs voisin, car il s'agit là d'une incapacité pour les cellules à consommer le glucose en l'absence d'insuline, d'où l'accumulation de produits acides toxiques. Nous voyons là un exemple de la nécessité d'une hormone, un de ces corps chimiques produits par une de nos glandes à sécrétion interne pour le bon fonctionnement du cerveau. Celui-ci exige de même une teneur normale du sang en calcium, teneur régie par la sécrétion hormonale parathyroïdienne. La thyroxine produite par la thyroïde est indispensable pour le développement du cerveau ; les enfants hypothyroïdiens sont idiots, les adultes ont un psychisme ralenti, tandis que les hyperthyroïdiens sont excités. L'hormone de la corticosurrénale active aussi les fonctions cérébrales. On sait enfin l'influence sur le psychisme des hormones sexuelles.

Un fonctionnement rénal insuffisant conduit à des comas toxiques, où intervient l'intoxication par les déchets azotés du fonctionnement cellulaire, notamment l'urée. L'accumulation d'acide lactique dans la fatigue musculaire est aussi néfaste au cerveau. La plupart des vitamines, molécules servant à l'édification des diastases cellulaires, sont indispensables au cerveau ; particulièrement frappant est le cas de l'aneurine, ou vitamine B<sub>1</sub>, dont la carence produit des crises nerveuses convulsives et des dégénérescences nerveuses polynévritiques en rapport avec une déviation des réactions chimiques cellulaires et l'accumulation de déchets acides toxiques. De même, la carence en amide nicotinique (vitamine PP) peut conduire à la folie pellagreuse ; les régimes insuffisants en viande étant carencés en cette vitamine, on a pu décrire de tels cas ces dernières années dans les milieux urbains de nos régions.

Il est donc vrai, le vieil adage qu'un esprit ne peut être sain que dans un corps sain. « Ici-bas, écrivait Roger, il n'y a pas de pensée sans

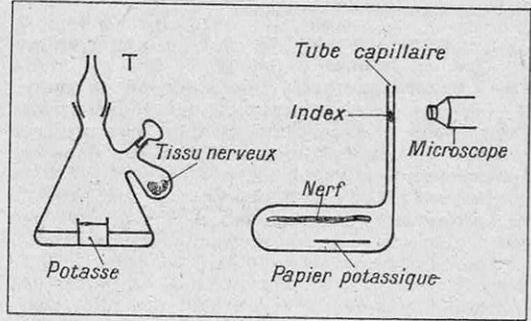


FIG. 6. — DEUX MODÈLES DE MICRORESPIROMÈTRES

A gauche, type Warburg, pour l'étude de fragments de tissus ; la coupelle centrale contient de la potasse pour absorber le gaz carbonique libéré ; le tube est en relation avec un manomètre. A droite, appareil pour mesures sur les nerfs ; on observe au microscope le déplacement de l'index liquide dans le tube capillaire.

matière », et cela ne veut pas dire obligatoirement que la pensée est tout entière dans le fonctionnement matériel du cerveau, mais que ces processus matériels sont absolument indispensables pour sa manifestation. De ce fait, matérialisme et spiritualisme peuvent également s'accommoder.

**Le travail cérébral**

Puisque l'énergie nerveuse au service de la pensée n'est pas quelque mystérieuse forme d'énergie sans rapport avec la matière, mais consiste en l'utilisation pour une fonction physiologique de l'énergie électrique de la cellule vivante, issue de la transformation de l'énergie chimique alimentaire, elle-même fille de l'énergie solaire, il nous faut conclure que la pensée doit créer des besoins spéciaux et qu'il faut se préoccuper d'assurer les bases matérielles du travail cérébral comme du travail physique musculaire.

La pensée est un travail et, comme tout travail, elle occasionne de la fatigue, qui ici se complique souvent d'insomnie, de maux de tête dus à l'accumulation des déchets résultant du fonctionnement exagéré des neurones cérébraux. Le sommeil est précisément le dispositif physiologique qui stoppe le fonctionnement cérébral avant que se produisent des troubles toxiques dangereux.

Il est intéressant de se demander, comme on l'a fait pour le travail musculaire, dans quelle mesure le fonctionnement cérébral accroît les dépenses totales de l'organisme. On est frappé de constater qu'alors que le travail musculaire augmente considérablement ces dépenses il n'en est pas de même du travail cérébral, bien que nous ayons vu l'importance des besoins du cerveau. Dans beaucoup d'expériences, il n'a pas été possible de mettre en évidence une influence quelconque du travail intellectuel. E. Gley avait trouvé une très légère augmentation (0,1 en une heure) de la température centrale après travail intellectuel. Les échanges gazeux totaux de l'organisme augmenteraient de 1,6 % lors

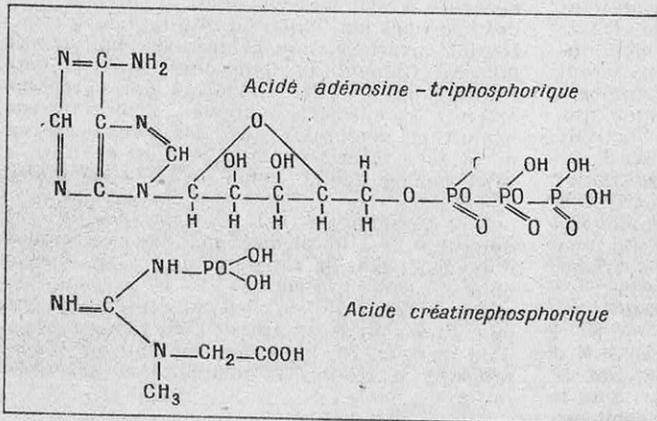


FIG. 5. — L'ACIDE ADÉNOSINE-TRIPHOSPHORIQUE ET L'ACIDE CRÉATINE PHOSPHORIQUE OU PHOSPHAGÈNE

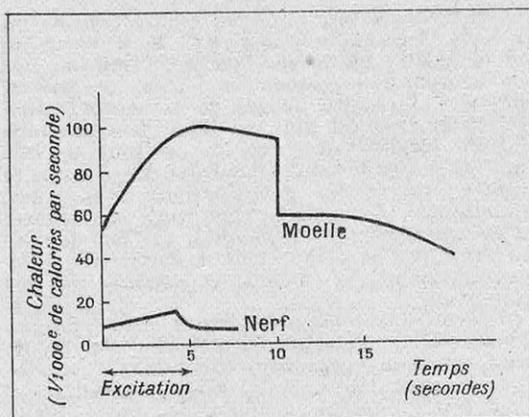


FIG. 7. — COMPARAISON DE LA CHALEUR DÉGAGÉE PAR L'EXCITATION DE LA MOELLE ET D'UN NERF

de la lecture d'un roman, de 5 à 30 % pour la résolution d'un problème. Le travail intellectuel s'accompagne d'une augmentation de l'élimination urinaire d'urée et de phosphates. D'autres auteurs n'ont constaté aucune augmentation des échanges. Comme les expériences de référence sont faites sur des sujets au repos absolu, il faut prendre garde aux légers mouvements musculaires qui peuvent accompagner le travail mental; par exemple, il est certain que tourner les pages d'un livre accroît plus les échanges que la lecture même. Speck, après avoir fait lire quelques pages d'un livre ardu, a invité son sujet à tourner les pages en rêvant et a trouvé le même résultat.

Il est donc établi que la part du cerveau est faible; c'est qu'il ne représente que 2 % de la masse du corps, si bien qu'une augmentation de 10 % de ses échanges serait à peine appréciable, tandis que les muscles forment 40 % du poids du corps. « Rechercher, dit Lapique, la respiration du cerveau dans celle de l'organisme, c'est vouloir déterminer le gaz carbonique produit par les chauffeurs d'un paquebot en analysant les gaz des cheminées. » Pour l'organisme, le fonctionnement nerveux est ainsi bien plus économique que l'activité musculaire.

D'autre part, alors que le muscle ou le nerf est vraiment inactif dans l'organisme au repos, les centres nerveux sont toujours en activité, et ce que nous appelons travail cérébral n'est qu'une activité supplémentaire qui n'exige pas un fonc-

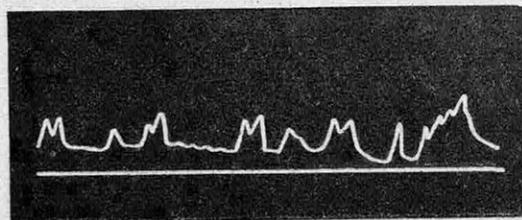


FIG. 9. — ACTIVITÉ THERMIQUE SPONTANÉE D'UNE MOELLE INTOXIQUÉE PAR LA STRYCHNINE

Chaque pointe correspond à l'émission d'un influx nerveux.

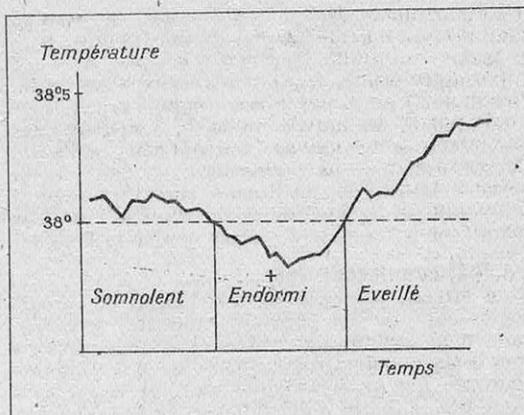


FIG. 8. — THERMOGRAMME DU CERVEAU D'UN CHAT  
La croix marque l'instant où l'animal, endormi, s'est retourné.

tionnement plus intense des neurones, mais la coordination de leurs efforts dans un sens déterminé et même le freinage de l'activité de quelques-uns. « Le cerveau, écrit Lapique, est actif chez un homme oisif qui se laisse aller à la rêverie; ce que nous appelons le travail mental consiste dans une concentration et une continuité de la pensée par l'élimination justement de la rêverie et des distractions. » Cette élimination des processus mentaux faciles et agréables au profit d'idées abstraites exige un « effort » qui nous fatigue, mais se compose de plus d'entraves, de retenue que de suractivité. Même au cours du sommeil, l'activité cérébrale n'est pas suspendue toujours, mais non dirigée (rêves), ce qu'exprime bien l'idée bergsonienne que le sommeil est une réaction de désintérêt. Les échanges gazeux y diminuent de 13 %, mais là encore la diminution du tonus musculaire joue un grand rôle.

On peut donc conclure avec Lapique que le travail intellectuel ne crée par lui-même, à l'inverse du travail musculaire, aucun besoin alimentaire spécial par rapport au repos. Mais il est évident qu'il faut que l'apport indispensable au repos soit assuré par une alimentation satisfaisante, comprenant notamment les substances nécessaires au fonctionnement cérébral (graisses phosphorées du jaune d'œuf, de la cervelle, phosphates, vitamines). Le cerveau ne travaille bien que si la nutrition tout entière est en bon état. L'inanition relative résultant à la longue d'une ration journalière déficitaire est incompatible avec son

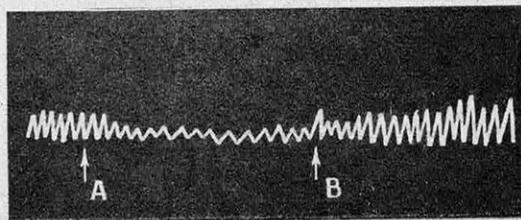


FIG. 10. — ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES MONTRANT L'EFFET, EN A, DE LA DIMINUTION ET, EN B, DE L'AUGMENTATION DE LA TENEUR DU SANG EN GAZ CARBONIQUE AU NIVEAU DU SINUS CAROTIDIEN

fonctionnement délicat. Le travailleur intellectuel restant immobile a besoin d'être bien chauffé.

L'emploi des excitants cérébraux (thé, café, alcool, etc.) n'est pas à recommander, car il ne s'agit pas là d'aliments, mais de corps toxiques dangereux à la longue, surtout par suite de l'accoutumance; ils permettent souvent à un cerveau fatigué de continuer à travailler, mais il se ressent tôt ou tard de cet excès. Rien ne peut remplacer le repos pour lutter contre la fatigue.

### La fatigue nerveuse

La fatigue nerveuse qui suit l'excès de travail intellectuel, et qui peut survenir plus précocement dans certaines conditions pathologiques ou chez certains sujets, a pour base l'intoxication des neurones par un fonctionnement intensif qui ne laisse pas le temps suffisant pour la restauration complète de la substance nerveuse où s'accumulent des déchets. Mais une telle fatigue peut survenir aussi bien chez un sujet qui ne se livre pas à de profondes cogitations, mais ne dort pas suffisamment. Les humeurs de chiens qu'on empêche de dormir arrivent à contenir une *hypnotoxine* capable de faire dormir un animal neuf à qui on l'injecte.

Il existe une autre source de fatigue nerveuse plus liée au travail intellectuel. Ce qui compte pour le jeu de la pensée, c'est la coordination des aiguillages d'influx parmi les multiples neurones cérébraux; cette régulation se fait sous l'influence de centres situés dans la base du cerveau, parmi lesquels précisément le centre régulateur du sommeil et de la veille. Se concentrer sur une pensée, c'est réaliser certaines associations de neurones et en empêcher d'autres :

On sait que l'influx ne se transmet qu'entre neurones chronologiquement accordés (*loi de l'isochronisme* de L. Lapicque), tandis que, si les constantes de temps sont très différentes, l'influx ne peut plus passer. Il existe dans la base du cerveau un centre régulateur des constantes de temps des neurones qui, d'après les messages réflexes qu'il reçoit, impose à chaque neurone la constante de temps adaptée aux besoins; ceci se traduit pratiquement par des changements de la vitesse d'excitabilité électrique des neurones (*chronaxie*), mais se fonde sur des variations en plus ou en moins de la polarisation superficielle des neurones. Un neurone peut être ainsi activé ou ralenti, et ceci entraîne des modifications de son activité chimique qui sont facteurs de fatigue. Que la répartition des neurones activés et inhibés soit quelconque, comme dans la rêverie, ou systématique, cela ne change en rien les besoins d'ensemble du cerveau, mais cela crée, pour certains neurones maintenus en permanence dans un certain état, une fatigue propre qui, normalement, ne se produit pas quand la polarisation neuronique peut varier librement. D'autre part,

le centre régulateur lui-même est très sensible en raison de sa grande activité, et il vient un moment où il se fatigue lui-même, puisque, fait de neurones, il possède les mêmes propriétés; dès lors, l'activité dirigée de la concentration intellectuelle n'est plus possible. C'est une telle fatigue localisée de ce centre qui joue un rôle dans la genèse du sommeil naturel. Vis-à-vis de ce centre, toutes les perturbations organiques, notamment hormonales, pourront être causes d'une plus grande fatigabilité, si bien que les divers sujets se comportent de façon très différente, l'habitude jouant également un rôle important.

On voit ainsi toute la différence entre la fatigue musculaire qui entraîne des perturbations importantes de tout l'organisme, vue l'importance des masses musculaires, et la fatigue nerveuse qui peut rester totalement subjective, parce qu'elle ne concerne que quelques neurones. Avant la grande fatigue de l'insomnie prolongée, il y a la

fatigue plus discrète de l'impossibilité du travail mental. La première concerne l'ensemble de l'écorce cérébrale, l'autre est plus localisée: c'est une impossibilité de maintenir ou de commander des aiguillages harmonieux.

A côté de cette fatigabilité de l'écorce cérébrale due à ses besoins chimiques élevés, il faut insister sur la résistance des centres inférieurs, par exemple le centre respiratoire qui poursuit

inlassablement son activité rythmée, qui ne connaît pas le sommeil, sur l'infatigabilité du nerf dans les conditions normales liées à ses besoins réduits; par contre, un nerf en milieu dépourvu d'oxygène, s'il résiste bien mieux que les centres, montrera cependant des troubles dus à son intoxication.

Ainsi, bien qu'on ne puisse pas faire appel à de mystérieuses réserves d'énergie nerveuse, on voit que l'épuisement nerveux de la fatigue n'est pas une illusion, mais une conséquence normale du fonctionnement nerveux. L'énergie nerveuse n'existe pas puisque nous ne voyons à l'œuvre dans le fonctionnement nerveux que des formes ordinaires de l'énergie, de l'énergie chimique potentielle à l'énergie thermique, en passant par l'énergie électrique dont le rôle est prépondérant.

Ce qui fait la particularité du système nerveux, c'est la manière dont il est organisé pour l'utilisation de cette énergie électrique cellulaire à la propagation et à l'aiguillage harmonieux de messages qui permettent non seulement toute la régulation de l'activité organique, mais aussi tout le fonctionnement psychique. Tout est physicochimique, mais organisé de façon particulière, et c'est aux philosophes de s'interroger pour savoir si cette organisation est la simple résultante d'une structure infiniment complexe ou si elle s'explique par un principe métaphysique supramatériel.

D<sup>r</sup> P. CHAUCHARD

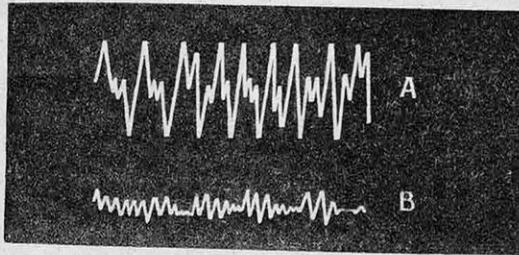


FIG. 11. — ACTION D'UNE INJECTION D'INSULINE SUR L'ÉLECTRO-ENCÉPHALOGRAMME: A, ÉTAT NORMAL; B, APRÈS INSULINE

# QUE SERA LE CUIRASSÉ DE DEMAIN?

par Camille ROUGERON

**D**eux ans après les derniers coups de canon au large des côtes japonaises, la controverse sur le rôle du cuirassé au cours de cette guerre s'est apaisée. Le « maître des mers » avait triomphé une fois de plus. Mais, comme il était également maître des terres et des airs, et que, même sur mer, sa supériorité pouvait être attribuée à d'autres types de navires que le cuirassé, porte-avions en particulier, le doute était permis. Aujourd'hui, aucune marine ne se sent, croyons-nous, le courage d'affronter son Parlement en lui présentant un programme de navires à 20 ou 25 milliards l'unité. On peut donc examiner le problème du cuirassé avec plus de tranquillité qu'à la prochaine période de tension internationale, où l'urgence sera invoquée pour dépenser des dizaines de milliers de tonnes de blindages sur un projet hâtivement adopté. Si le cuirassé doit survivre, il lui faudra résister aux armes nouvelles qui, sans parler de la bombe atomique, comportent les bombes-fusées à grande puissance de perforation, les bombes-torpilles, les torpilles à fonctionnement par influence explosant sous les fonds. Mais l'allègement qu'apporte la substitution de la fusée à la grosse artillerie et celui qu'on peut escompter de l'emploi de moteurs ou de turbines genre aviation, permettent de consacrer à la protection une fraction importante du poids total. Le cuirassé peut en être complètement transformé, au point d'être réalisable dans une gamme étendue de tonnages, depuis la vedette blindée monoplace jusqu'au bâtiment de ligne de 45 000 t.

**L**a transformation du porte-avions *Midway*, de 45 000 t, pour le lancement des V2, la construction par la marine américaine de deux grands bâtiments armés de fusées, marquent le début d'une transformation profonde du cuirassé.

Le cuirassé a été jusqu'ici le type même du compromis entre les différents facteurs de la puissance sur mer, l'armement, la protection, la vitesse, le rayon d'action, et c'est à coup sûr la perfection de ce dosage, autant que l'ancienneté des solutions acceptées pour les armes, les blindages et l'appareil propulsif, qui expliquent les préférences du marin pour ce type de bâtiment.

Un bouleversement complet va être imposé par les progrès techniques les plus récents. La fusée, avec le radioguidage ou l'autoguidage, se substituera au canon. La protection devra résister non seulement aux charges d'explosif et aux projectiles de rupture habituels, mais au souffle, à la chaleur et aux effets radioactifs des bombes atomiques. Les turbines à gaz alimentées en énergie nucléaire remplaceront les chaudières et turbines à vapeur, ouvrant des possibilités entièrement nouvelles, sinon en vitesse, du moins en rayon d'action. A défaut d'appareils propulsifs à énergie nucléaire, le diesel ou le moteur à explosions se prêtent à des solutions particulièrement légères. Enfin, la maniabilité, facteur de puissance jusqu'ici méconnu, prend une importance au moins égale à celle de la protection classique.

Toutes ces nouveautés réagiront les unes sur les autres. Leurs caractères respectifs modifieront profondément le dosage de chaque facteur de puissance dans le compromis jugé opti-

mum pour la technique d'hier ; l'aspect et le tonnage du navire issu de leur assemblage en seront complètement transformés. Défini comme le seul type de navire qui puisse affronter tout adversaire, terrestre, aérien ou naval, le cuirassé de demain peut aussi bien avoir l'apparence d'une vedette que celle d'un croiseur léger.

## L'armement

Le cuirassé a besoin d'un *armement principal*, qui est, par définition, celui qu'on destine au combat contre les navires similaires, et d'un *armement de défense*, celui que réclame la lutte contre des adversaires de plus faible tonnage, torpilleurs, sous-marins, avions, dont la destruction s'accommode d'une puissance moindre, mais exige une cadence ou une maniabilité supérieures.

La fusée a toutes les caractéristiques requises d'un armement principal comme d'un armement de défense.

La puissance est la première des qualités que l'on demande à l'armement principal d'un cuirassé ; elle est imposée, au moins, par la perforation des blindages que porte l'adversaire. La fusée a fait ses preuves à cet égard. Les blindages de chars et spécialement les plaques d'embrasure des canons d'assaut l'emportent en épaisseur sur ceux des croiseurs ; ils n'ont pas résisté aux bombes-fusées des chasseurs-bombardiers, dont la salve dépassait, elle aussi, en puissance, celle de la bordée d'un croiseur léger. Si un avion de 5 t obtient ce résultat, que ne peut-on attendre des fusées lancées par un cuirassé !

La portée n'est, au fond, qu'un des aspects de

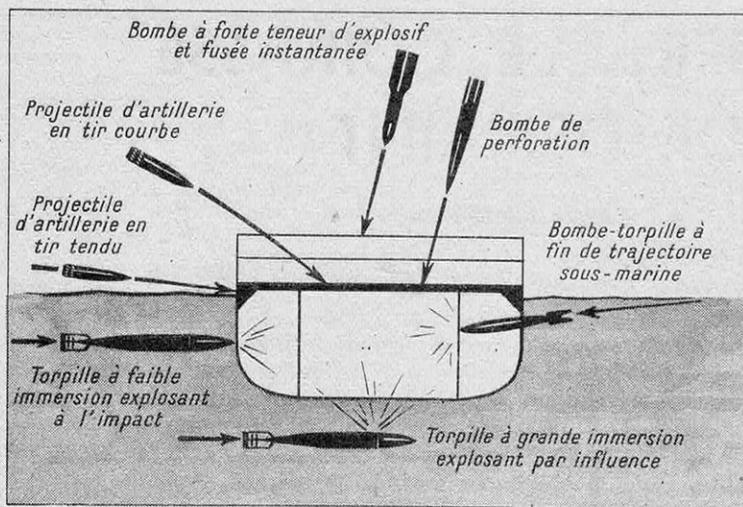


FIG. 1. — ARMES ANCIENNES ET ARMES NOUVELLES AUXQUELLES DOIT RÉSISTER LA PROTECTION DU CUIRASSÉ

la puissance. Bien qu'on soit encore loin des limites que l'on peut atteindre par relèvement de la proportion de poudre ou de combustible dans le poids total, les 50 à 100 km des engins genre V2 en tir tendu, leurs 300 à 500 km en tir courbe, les 1 000 à 1 500 km qu'on obtiendrait en substituant le vol plané à la trajectoire parabolique (1), dépassent les portées jusqu'ici obtenues par le canon, au point d'imposer à la tactique navale un bouleversement équivalent à celui qu'a introduit le porte-avions.

La précision du tir était l'une des supériorités incontestées du canon sur la fusée. Pour celle-ci, elle dépend essentiellement, croyons-nous, de sa vitesse initiale, et la dispersion du projectile semi-autopropulsé, recevant au départ les 200 à 300 m/s qui lui suffisent à limiter l'effet perturbateur du vent, doit convenir au combat rap-

(1) Voir, sur les trajectoires des fusées à très longue portée, *Science et Vie*, n° 339 (décembre 1945, page 249).

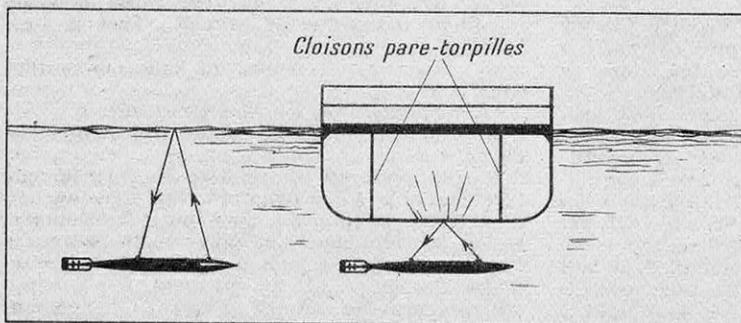


FIG. 2. — PRINCIPE DE LA TORPILLE A INFLUENCE

L'immersion est réglée pour une valeur un peu supérieure au tirant d'eau de l'objectif. Une émission continue d'ondes sonores ou ultrasonores se réfléchit sur la surface de l'eau avec un déphasage correspondant au double de l'immersion; lorsque la torpille passe sous un navire, la réduction brusque du déphasage provoque l'explosion; le retard est choisi de manière que le fonctionnement ait lieu vers le centre du navire, entre les cloisons pare-torpilles.

proché. Aux grandes distances, les divers dispositifs de radioguidage ou d'autoguidage assureront au tir des fusées une justesse que n'a jamais donnée le canon.

Ainsi, ces trois qualités essentielles du canon, et spécialement du gros canon de marine, puissance, portée et précision, ne sont plus son apanage. Montée sur des bâtiments de tonnage moindre, la fusée peut transporter des charges d'explosif ou des poids d'acier supérieurs, les propulser plus loin ou plus vite, les amener plus sûrement à destination malgré les manœuvres de l'objectif pour leur échapper.

La fusée s'adapte aussi bien à l'armement de défense contre torpilleurs, contre vedettes ou contre avions. Les mêmes fusées et les mêmes lance-fusées, avec les mêmes dispositifs de radioguidage ou d'autoguidage, conviendront quel que soit l'adversaire. L'exemple des « Wasserfall » et autres engins allemands de D. C. A. montre que l'on peut utilement atteindre des poids de l'ordre de la tonne dans le tir contre avions. Un seul impact de cet engin suffira contre une vedette et peut-être contre un torpilleur. La destruction des grands bâtiments exigera, comme maintenant, la multiplication des coups, à moins que la généralisation des explosifs atomiques ne permette d'en remplir les soutes d'un navire.

La fusée introduit donc dans l'armement du cuirassé le maximum de puissance allié au maximum de simplicité. Armement principal et armement de défense se confondent. De l'avion en piqué au navire similaire, en passant par le convoi de cargos, le fortin qui défend une plage ou l'usine située à des centaines de kilomètres dans l'intérieur, tous ces objectifs sont justiciables d'une seule arme. On la spécialisera

évidemment suivant les missions pour en tirer le maximum de rendement. Mais il n'est pas sans intérêt, sur un navire dont l'approvisionnement de munitions en soutes sera toujours l'un des points faibles, de posséder une arme qui est à la rigueur utilisable contre tout adversaire.

### La protection

A des progrès aussi révolutionnaires de l'armement correspondent des difficultés accrues de protection puisque le principe de celle-ci n'a pas changé.

Le cuirassé de 1939 était protégé contre le projectile d'artillerie en tir tendu et en tir courbe, contre la



FIG. 3. — LE NAVIRE DE LIGNE AMÉRICAIN « MISSOURI » DE 45 000 T W

Lancé en 1944, ce bâtiment fait 33 nœuds. L'appareil propulsif, turbines à engrenages sur quatre arbres, a une puissance totale de 200 000 ch. La protection comporte une ceinture de 406 mm, un pont de 152 mm et un de 102 mm. L'armement se compose de 9 canons de 406, répartis en 3 tourelles triples de 20 canons de 127 anti-aériens, de 16 canons de 28 anti-aériens. L'équipage est de 1 600 hommes.

torpille lancée par navire de surface ou sous-marin rencontrant latéralement le bordé de carène et contre la bombe ainsi que la torpille d'avion, du moins lorsque leurs caractéristiques n'étaient pas très différentes de celles du projectile et de la torpille employés par le navire (fig. 1). La valeur de cette protection peut être jugée à la résistance du *Bismarck* devant les attaques de la R. A. F. et de la « Royal Navy » (1).

En réservant provisoirement les problèmes posés par la bombe atomique, l'évolution des autres armes impose déjà à elle seule une transformation complète de la protection.

Si l'on a pu affirmer avec quelque raison que le cuirassé protégé contre les armes du navire de surface ou du sous-marin était *a fortiori* contre celles de l'avion, la conclusion ne valait plus dès que les caractéristiques de celles-ci les éloignaient nettement des premières. Ni les grosses bombes de perforation radioguidées qui coulèrent le *Roma*, ni les « battleship-buster » qui eurent raison du *Tirpitz*, ni la réplique préparée par la « Luftwaffe » contre les cuirassés alliés avec ses bombes-torpilles n'étaient de ces armes qu'on arrête avec les ponts blindés ou les caissons de protection sous-marine habituels. La course au tonnage de l'arme ne s'imposait d'ailleurs nullement; les expériences faites par la marine américaine confirment qu'aucun pont blindé n'est à l'épreuve de bombes-fusées légères, à grande vitesse, du type en usage contre les chars.

Les mêmes difficultés de protection se présenteront lorsqu'on devra parer aux engins nouveaux non pilotés, radioguidés ou autoguidés, dont on ne voit guère ce qui limiterait la charge d'explosif ou la puissance de perforation.

Enfin, surclassant en puissance toutes les armes connues et toutes les protections concevables, la bombe atomique semble bien porter le dernier coup au cuirassé tel qu'il s'est maintenu depuis des dizaines d'années avec des

changements sans grande importance. Qu'il ait 45 000 ou 90 000 t, il ne pèsera pas lourd dans la gerbe de 700 m que soulèvera la bombe atomique explosant à son voisinage. A supposer qu'on parvienne à lui donner la résistance nécessaire, il restera ensuite à en protéger les occupants contre les émissions directes de rayons gamma ou les effets ultérieurs des masses d'eau radioactives (1).

On appréciera plus exactement la difficulté du problème en classant les armes nouvelles suivant la nature de leur action.

Jusqu'ici, sur la centaine de mètres de développement de la partie de section maîtresse d'un cuirassé de 45 000 t qui est située sous le pont blindé supérieur, seules deux bandes latérales de 4 m réclamaient la ceinture de 400 mm d'épaisseur qui résistait pratiquement au projectile de 406 mm, aux distances admises du combat entre navires de ligne. Sur une quarantaine de mètres de pont, une épaisseur globale de 250 mm suffisait contre les projectiles arrivant sous grand angle, ou les bombes pas trop grosses tombant de pas trop haut. Sur les 20 m des parois verticales, 50 à 60 mm résistaient à l'effet des torpilles qui devaient exploser à la première tôle rencontrée. Enfin, le bordé de carène des fonds ne recevait aucune protection.

Le relèvement de la puissance de perforation des bombes impose dorénavant aux ponts une résistance supérieure à celle des ceintures.

La résistance aux explosions sous-marines s'obtient plus aisément. Cependant, les bombes chargées à plusieurs tonnes d'explosifs éprouvent durement le caisson de protection sous-marine, et, surtout, la bombe-torpille à propulsion par fusée, pénétrant dans l'intérieur du caisson grâce à sa vitesse, met en défaut le principe même de sa protection.

Enfin, les nouvelles torpilles dont l'explosion n'est plus commandée par choc, mais par la réflexion d'une émission sur le bordé de carène des fonds, obligent à étendre la protection sous-marine à cette dernière partie, jusqu'ici négligée (fig. 2).

(1) Voir « La bombe atomique et l'avenir des flottes de guerre » (*Science et Vie*, n° 337, octobre 1945).

(1) Voir : « La torpille d'avion aura-t-elle raison du cuirassé ? » (*Science et Vie*, n° 241, juillet 1937) ; « La fin du *Hood* et du *Bismarck* et la protection du navire de ligne » (*Science et Vie*, n° 287, juillet 1941), et « Avion contre navire : la bombe-torpille » (*Science et Vie*, n° 353, février 1947).

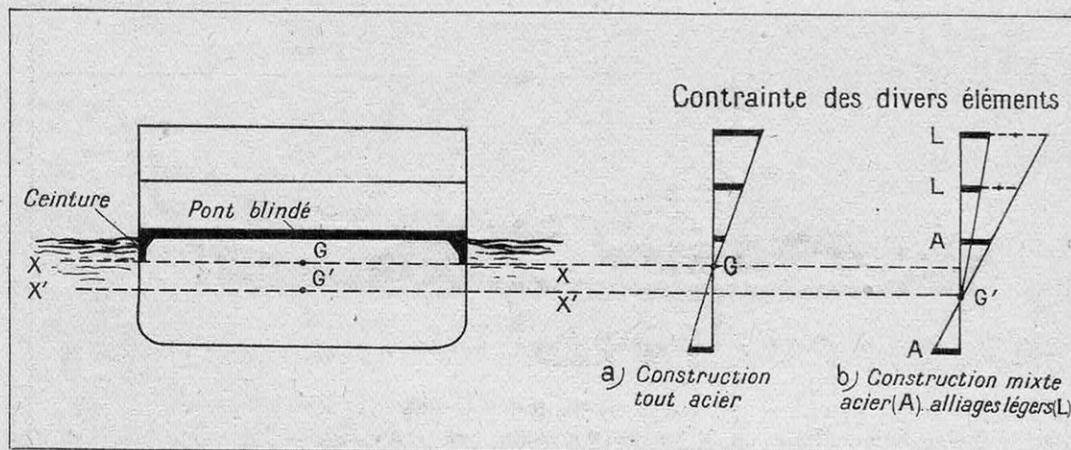


FIG. 4. — CONSTRUCTION TOUT ACIER ET ACIER-ALLIAGES LÉGERS.

A la flexion longitudinale, sur houle, le navire se comporte comme une poutre dont la « fibre neutre »  $XX'$ , celle qui ne subit ni extension, ni compression, passe par le centre de gravité  $G$  des éléments travaillants de la section. La contrainte d'un élément quelconque de la charpente est proportionnelle à sa distance à la fibre neutre, ce que représente le schéma a. Dans le moment résultant de ces contraintes par rapport à la fibre neutre, qui équilibre le moment de flexion, le rôle de l'élément de charpente est donc proportionnel au carré de sa distance à la fibre neutre, ce qui rend négligeable le rôle de la ceinture et des ponts blindés dans la résistance de la charpente. Si l'on remplace certains éléments d'acier par des éléments en alliages légers, dont la contrainte pour un même allongement est trois fois plus faible, la fibre neutre passe par le nouveau centre  $G'$  calculé en attribuant à chacune des sections de matériaux en alliages légers un coefficient trois fois plus faible; elle descend en  $X'X'$ ; et les allongements et contraintes des blindages et de la charpente des fonds se rapprochent de l'égalité. Quant au pont supérieur, dont la contrainte, s'il était en acier, serait beaucoup plus forte que celle du pont blindé, elle est ramenée à une valeur du même ordre par le fait qu'elle est trois fois plus faible en égard à son allongement (schéma b). Des essais de construction mixte acier-alliages légers ont été faits récemment en Grande-Bretagne pour des navires marchands. Mais le bénéfice à en attendre est beaucoup plus élevé dans les exemples des figures 10, 11 et 12, où des blindages sont utilisés comme éléments de la charpente des fonds.

La menace ancienne du projectile et de la torpille, que l'avion n'avait pas su renouveler jusqu'en 1939, s'étend aujourd'hui sous sa forme la plus grave à toute la surface du navire, en même temps que les charges d'explosif et les puissances de perforation atteignent des valeurs inaccoutumées. Jamais le problème de la protection n'est apparu plus difficile.

### La vitesse

L'appareil propulsif a fait, de 1918 à 1939, des progrès assez modestes, puisque son poids par cheval n'a guère diminué que d'un tiers. Des progrès beaucoup plus importants sont immédiatement réalisables, qui vont obliger les marines à renoncer à la turbine à vapeur et à la chaudière à petits tubes qui les satisfaisaient depuis plus de trente ans.

Le premier est l'application au navire des moteurs jusqu'ici acceptés seulement sur l'avion, moteurs à explosions et turbopropulseurs. L'un et l'autre donneront la même puissance sur l'arbre avec un poids cinq fois inférieur à celui de l'appareil à vapeur; un allègement plus poussé de la partie motrice serait sans intérêt, sur les grands navires du moins, les lignes d'arbres, supports d'arbres et hélices absorbant alors la majeure fraction du poids total de propulsion. Aussi pourra-t-on s'en tenir, sur ces bâtiments, à des moteurs plus endurants que ceux des avions, par exemple à des diesels légers pour automotrices ou à des turbines à combustion avec température modérée et échangeurs développés, qui pèseront 0,5 ou 1 kg de plus par cheval que les plus légères solutions réalisables, mais qui joindront à leur endu-

rance accrue une certaine économie de consommation.

Le deuxième progrès est l'application de l'énergie nucléaire à la propulsion du navire de guerre. Elle est étudiée présentement dans toutes les grandes marines, et on doit admettre que les premières réalisations seront très proches. Le problème est en effet beaucoup plus simple que celui de la bombe atomique, qui exige les usines géantes et les traitements compliqués pour la séparation des isotopes de l'uranium ou la fabrication du plutonium. La pile de gros tonnage à uranium naturel, d'un degré de pureté modéré, est une source de chaleur dont l'utilisation soit pour la production de vapeur, soit pour l'alimentation en air chaud d'une turbine à gaz, exige des isolants, des écrans protecteurs, des commandes à distance... mais rien que ne puissent livrer rapidement les techniciens spécialisés d'un pays à industrie moyennement développée.

Du point de vue rayon d'action, l'énergie nucléaire est une source incomparablement plus avantageuse que l'énergie chimique du pétrole. Mais le rayon d'action n'est certainement pas un facteur de puissance d'importance comparable aux autres. L'innovation qui démultiplierait la résistance d'une protection à la perforation ou à l'explosif serait un grand progrès. Multiplier par dix le rayon d'action de 10 000 km d'un cuirassé, d'un croiseur ou d'un grand sous-marin n'a pas le même intérêt; la Terre est déjà petite.

Aussi doit-on craindre que les applications de l'énergie nucléaire à la propulsion n'introduisent pas dans la guerre navale de changements très

sérieux, comparables, par exemple, aux gains d'allègement et de compacité qui résulteraient du remplacement des appareils propulsifs classiques par les moteurs type aviation. Dans l'état actuel des consommations et des puissances massives, c'est encore l'amélioration de celles-ci qui reste l'exigence essentielle. L'aviation est née du jour où le moteur à 1 kg/ch a remplacé le moteur à 5 ou 10 kg/ch, et non pas de la réduction de 500 g à 300 g de la consommation au cheval-heure. Ne voit-on pas encore aujourd'hui le turboréacteur, qui ramène le poids au cheval de 0,5 kg/ch à 0,1 kg/ch, bouleverser l'aviation, bien qu'il double sensiblement la consommation ?

Or la pile à uranium est simplement une chaudière sans combustible, qui fait payer cette économie par d'autres sujétions bien gênantes. Accouplée à une turbine à vapeur, elle n'allégera pas sensiblement l'appareil propulsif, si même les écrans en béton ou en plomb ne l'alourdissent pas. Combinée avec une turbine à gaz, elle autorisera la suppression de l'échangeur sur l'échappement, qui était indispensable à l'économie de consommation exigée en marine et représentait une fraction importante du poids total. Mais le véritable progrès sera la substitution de la turbine à gaz type aviation à la turbine à gaz type marine, quel que soit le moyen de chauffage ; il est à craindre que le remplacement du pétrole par l'uranium ait de fâcheuses consé-

	VELETTE de 20 t	VELETTE de 150 t
<i>Dimensions :</i>		
Longueur.....	15 m	30 m
Largeur.....	3,6 m	7 m
Creux.....	1,6 m	3,25 m
<i>Caractéristiques et performances :</i>		
Armement.....	2 fusées de 1 500 kg 1 affût double de 20 mm	6 fusées de 2 000 kg 1 affût double de 40 mm 2 affûts doubles de 20 mm
Protection.....	75 mm	120 mm
Puissance.....	1 500 ch	13 000 ch
Vitesse maximum.....	42 nœuds	50 nœuds
Vitesse de croisière.....	18 nœuds	20 nœuds
Rayon d'action.....	1 300 milles	2 000 milles
Équipage.....	1 homme	5 hommes
<i>Devis de poids :</i>		
Armement.....	3,8 t	16 t
Protection.....	4,9 t	48 t
Moteurs.....	3 t	33 t
Combustible.....	3,6 t	22 t
Coque, bourrage et divers.....	4,7 t	31 t
Total.....	20 t	150 t

FIG. 5. — CARACTÉRISTIQUES DE DEUX VELETES BLINDÉES DE 20 ET 150 T

quences quant à la légèreté et à la compacité de l'ensemble (1).

(1) La conclusion serait différente pour le sous-marin, dont l'énergie nucléaire peut alimenter un excellent moteur de plongée. Mais il n'est question ici que du navire de surface.

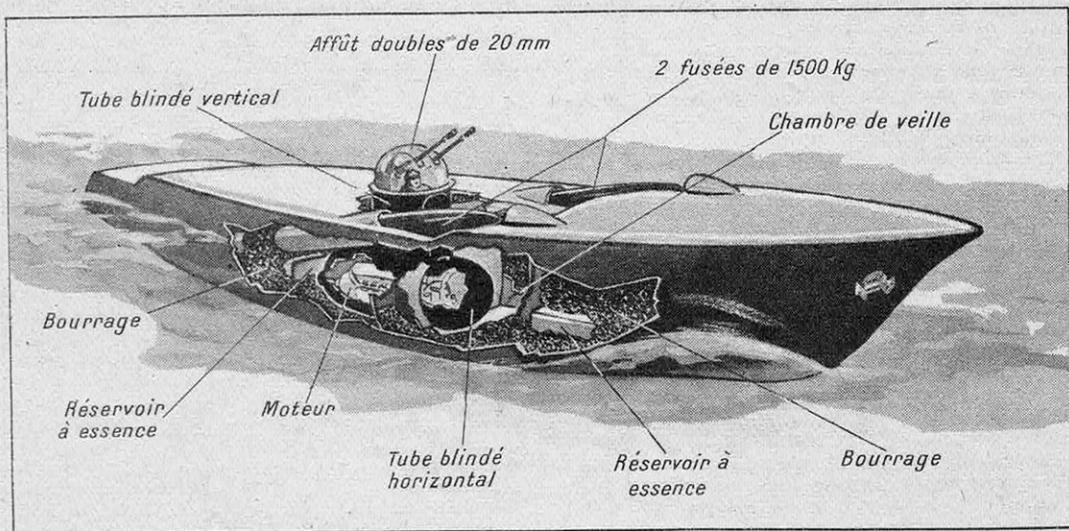


FIG. 6. — VELETTE BLINDÉE MONOPLACE

Ce cuirassé de 20 t, dont les caractéristiques sont données dans le tableau de la figure 5, abrite sous un blockhaus, en forme de deux tubes blindés accolés en acier de 75 mm, l'équipage et le moteur. Le reste de la construction est en alliages légers. Les deux fusées sont disposées de part et d'autre du blockhaus, leur propulsion est obtenue par le mélange acide nitrique-visol (éther vinylique) ; pour éviter tout risque en raison de leur absence de protection, leur charge est constituée par un explosif liquide de même composition, en récipients séparés, mélangés après le départ. Le seul compartiment libre de la vedette est une chambre de veille de 2 m x 2 m où le pilote peut se mettre debout ou s'allonger. En dehors des soutes à essence, le reste est rempli de bourrage léger. On pourrait établir en 25 t une vedette de mêmes performances, sans chambre de veille ni bourrage, où la flottabilité serait assurée par un excès d'hydrocarbures légers et qui serait à l'épreuve de la bombe atomique à faible distance. La seule différence d'emploi porte sur la tenue à la mer, nécessairement inférieure sur la vedette à bourrage liquide et œuvres mortes moins développées.

## La maniabilité

Les qualités évolutives du cuirassé sont un facteur de puissance généralement négligé, que les progrès de l'armement vont certainement mettre au premier plan. Elles compléteront une protection que l'on ne fera jamais assez résistante pour parer à la menace de certaines armes et seront même souvent la seule parade opposable à des engins radioguidés ou autoguidés à grande vitesse, dont la fin de trajectoire ne pourra pas toujours être rectifiée suivant les manœuvres de dérobement de l'objectif.

Les qualités évolutives du navire résultent de sa vitesse, qui lui permet de s'éloigner d'autant plus de sa position présente qu'elle est plus élevée, et de son rayon de giration minimum, d'où résulte la déviation maximum par rapport au prolongement de la route rectiligne qui sert de base aux évaluations de la position future.

Le relèvement des vitesses suivra l'adoption des moteurs légers et compacts utilisés en aviation et qui pourront certainement être appliqués à la propulsion de bâtiments beaucoup plus gros que les vedettes de la dernière guerre. L'exigence d'une vitesse élevée laisse donc une grande latitude quant au choix du tonnage.

Au contraire, la réduction du rayon de giration, qui est d'ailleurs le facteur principal dans le succès des manœuvres de dérobement, impose une faible longueur, donc un faible déplacement. C'est par cette voie que la course au tonnage, favorable par ailleurs à la protection, à la vitesse, au rayon d'action, se trouve condamnée. Tous les sacrifices que l'on consentira pour augmenter la surface du gouvernail, tous les perfectionnements que l'on apportera au tracé des formes de carène pour améliorer

son action n'empêcheront point le rayon de giration à grande vitesse d'être d'abord sous la dépendance de la longueur, et la vedette de 28 m de faire demi-tour sur un diamètre de 100 m quand le cuirassé de 280 m aura besoin d'un kilomètre.

Les manœuvres de dérobement d'un grand bâtiment ne gênaient guère jusqu'ici le tir de l'artillerie et le lancement des bombes, ou, plus exactement, les distances d'engagement et les altitudes de lancement se fixaient d'après cette exigence ; les qualités évolutives ne pouvaient donc pas être considérées comme un appoint sérieux à la protection du cuirassé et ne justifiaient pas qu'on leur sacrifiât les avantages des gros tonnages. Lorsque la manœuvre de dérobement prend une importance comparable à celle de la protection directe, la nécessité d'un compromis s'impose ; la puissance des armes nouvelles pousse à la réduction du tonnage.

## Les progrès possibles de la protection

Si le problème essentiel du cuirassé est, demain plus encore qu'hier, celui de la protection, on peut s'attendre à d'importantes modifications jusque dans son principe. De même que vers 1895, après l'échec des tentatives faites pour recouvrir le cuirassé d'un blindage impénétrable au projectile, on a dû accepter la perforation des ceintures et chercher à sauver la flottabilité et la stabilité, de même la protection contre la fusée ou la bombe atomique sera une question de sacrifices à consentir. Il faudra savoir tenir le juste milieu et ne pas se montrer trop difficile dans ses exigences, ni trop large dans leur abandon. Il faudra trouver des solutions nouvelles qui conviennent mieux aux armes d'aujourd'hui, ou même rechercher, parmi

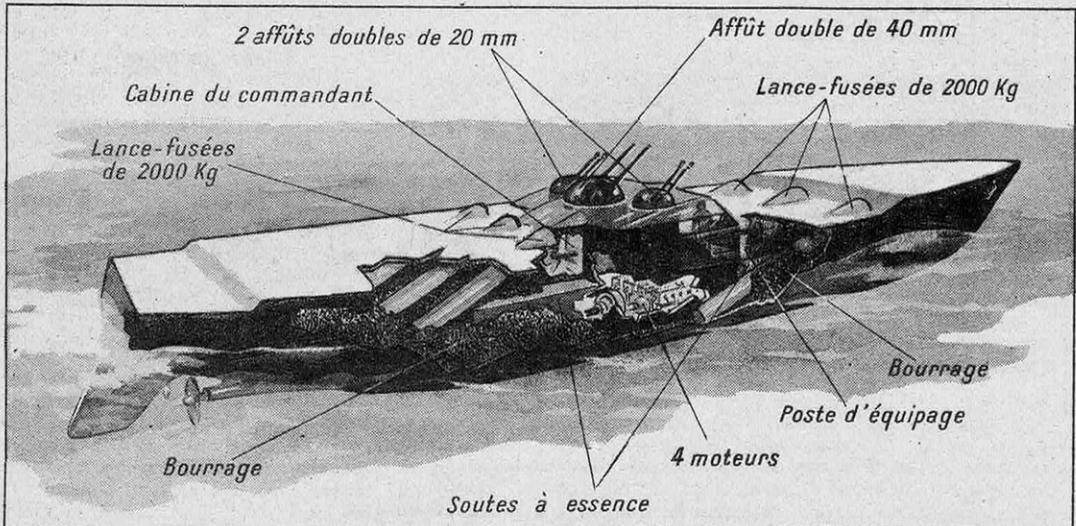


FIG. 7. — VEDETTE BLINDÉE DE 150 T

La vedette, dont les caractéristiques sont données dans le tableau de la figure 5, est construite en alliages légers, à l'exception du compartiment des moteurs, en acier à blindages de 120 mm, et des coupoles d'artillerie qui le surmontent. Les six fusées, de 2 000 kg chacune, sont disposées en tubes non protégés, avec la même organisation de sécurité que pour la vedette de 20 t. En dehors des précédents, les seuls compartiments non occupés par l'essence et le bourrage sont un poste d'équipage pour quatre hommes, la passerelle légèrement surélevée et la cabine du commandant. Les quatre moteurs, par exemple des Rolls-Royce « Eagle » en H de 3 250 ch chacun, commandent par groupe de deux le réducteur de chacune des deux lignes d'arbres légèrement divergentes.

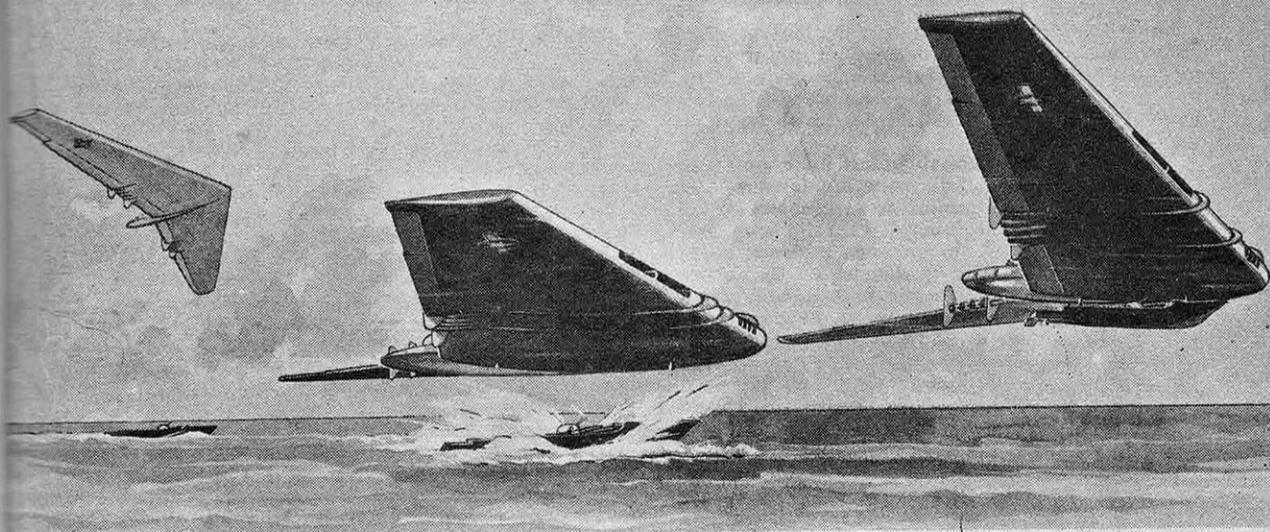


FIG. 8. — AVIONS PORTE-VEGETTES BLINDÉES

Le transport par avion résout, pour la vedette, le problème de la mobilité stratégique. La vedette est supposée équipée de ballasts permettant la navigation en demi-plongée sur « Schnorkel » pour le retour à sa base.

celles qu'on avait condamnées comme insuffisantes à une époque où l'on pouvait prétendre à l'efficacité intégrale, s'il n'en est pas qui s'adaptent à des prétentions plus modestes ; la combinaison du blindage et du cloisonnement qu'il a bien fallu admettre vers 1895, sur les instances de l'ingénieur Bertin, était présentée, sous une forme pas tellement différente, depuis les débuts du cuirassé.

La première idée de la protection, telle qu'elle a été appliquée sur la *Gloire* de Dupuy de Lôme ou les *monitors* américains, consistait à recouvrir d'un blindage l'ensemble des œuvres mortes exposées aux coups. Mais l'épaisseur en était nécessairement faible.

Au premier relèvement de puissance du canon, la nécessité apparut de limiter le blindage à une région centrale où l'on concentrerait l'appareil propulsif et l'artillerie, pendant que les extrémités décuirassées recevraient un simple cloisonnement étanche, plus ou moins serré, s'opposant aux grands envahissements de l'eau par les brèches qu'ouvraient les projectiles. La solution fut admise dès les premiers cuirassés britanniques et développée au point que certains portaient des ceintures de plus de 0,60 m d'épaisseur, mais sur un tiers de leur longueur seulement.

Aujourd'hui, sur tous les navires, même les mieux protégés, les blindages ne s'étendent guère que de la tourelle extrême-arrière à la tourelle extrême-avant ; le souci de réduire cette longueur se manifeste même sur de nombreux bâtiments.

Nous croyons qu'il faut pousser le décuirassement des extrémités jusqu'au maximum compatible avec le très faible encombrement des armes et des appareils propulsifs actuels, et rechercher par d'autres moyens, dont quelques-uns sont indiqués ci-après, la flottabilité et la stabilité.

Le *bourrage* est un de ces moyens. Il est de la même classe que le cloisonnement, mais pousse la subdivision à un degré très supérieur, qui en fait un procédé de choix pour la conservation

de la flottabilité et de la stabilité. Depuis près de soixante-dix ans qu'il est préconisé et employé en complément du cloisonnement, les formes les plus variées lui ont été données, qu'il n'est pas question d'énumérer. Signalons simplement les extrêmes, celle où les compartiments sont remplis d'un empilage de récipients genre boîtes de conserve — l'application en a été faite pendant la guerre 1914-1918 sur les navires de guerre français, — et celle où les éléments gazeux sont de la grosseur de la tête d'épingle, tels certains plastiques du genre béton cellulaire ou ébonite-mousse, mais à résistance mécanique très supérieure, dont l'emploi a été suggéré à maintes reprises pour la construction d'ailes d'avion pleines.

Ces produits n'amélioreront guère la résistance à la perforation des blindages qu'ils complètent, car celle-ci paraît bien être une qualité essentiellement liée à la densité (on ne peut donc pas attendre grand-chose sur ce point d'un corps cinq ou dix fois plus léger que l'eau, même si le plastique qui emprisonne les bulles de gaz a des caractéristiques mécaniques élevées), mais ils présentent certainement, comme tous les bourrages en général, un grand pouvoir amortisseur contre les explosions. L'observation en a été faite depuis le début du siècle pour le bois, qui donnerait un excellent résultat avec les essences à faible densité (balsa, par exemple) ; pour le charbon, qui n'est pas un bourrage proprement dit, car la densité de la soute à charbon envahie par l'eau est nettement supérieure à l'unité, mais dont la résistance aux explosions a été prouvée par le très large emploi qu'en fit la marine allemande en 1914-1918 ; pour la glace armée dite « pykrète », spécialement étudiée en vue de la construction de porte-avions géants au cours de cette guerre, où la fibre de bois donnait à la glace à la fois la résistance à la traction d'une armature et la flottabilité d'un bourrage léger (1).

(1) Voir *Science et Vie*, n° 345, juin 1946, page 287.

Sous une forme à déterminer, le bourrage, convenant par sa faible densité au maintien de la flottabilité et de la stabilité, choisi pour un bon amortissement des explosions, sera certainement un élément essentiel des protections de demain.

Mais il résistera probablement assez mal aux très fortes pressions, telles que les développe la bombe atomique tombant à proximité. Il ne semble pas qu'on ait aperçu l'intérêt que présentent, de ce point de vue, les hydrocarbures les plus légers (1), dont la densité est de l'ordre de 0,65. Ce sont de véritables bourrages liquides qui résistent à la pression en se bornant à la transmettre, mais ne risquent point de s'écraser comme un bourrage solide en même temps que le réservoir qui les enveloppe et qui perd alors son étanchéité. Leur emploi, combiné avec celui de bourrages solides et de compartiments étanches, permettrait des combinaisons où le rayon d'action, la protection et la flottabilité varieraient en sens divers à mesure que l'on consommerait une partie des hydrocarbures logés à bord.

Un autre progrès, qui a donné lieu à bien des recherches sans qu'on ait jamais trouvé une solution satisfaisante, est la combinaison de la protection et de la charpente résistante. Sur les cuirassés les plus récents, plus d'un tiers du déplacement Washington (2) est consacré à la protection, non compris le blindage d'artillerie compté à la rubrique armement. Un autre tiers est consacré à la coque, où son rôle principal, surtout pour un bâtiment de grande longueur, est de résister à la flexion longitudinale. Ne peut-on faire « travailler » le même métal comme pont blindé ou ceinture d'une part, comme élément résistant de la charpente longitudinale de l'autre ?

(1) On signale cependant leur emploi, à une fin de ce genre, dans le « bathyscaphe » du professeur Piccard, prévu pour plonger à 4 000 m.

(2) C'est-à-dire sans combustible, eau douce, etc. (Voir *Science et Vie*, n° 340, janvier 1946, page 14.)

Sur les navires aux dispositions habituelles, dont la quille et le pont supérieur se trouvent à peu près à égale distance de la flottaison, les éléments les plus lourds de la protection, ceinture et ponts blindés, se trouvent au voisinage de la fibre neutre de cette poutre longitudinale dont les semelles sont le bordé de carènes des fonds et la charpente supérieure, et qui doit résister à la flexion sur houle. Comme chaque élément de cette poutre intervient suivant le carré de sa distance à la fibre neutre, le rôle de la protection dans la résistance à la flexion longitudinale est généralement négligeable. Une analyse plus complète montre même que, le plus fréquemment, les ponts blindés, en accentuant la dissymétrie de la poutre, augmentent la fatigue de la semelle la plus chargée.

On a tenté de faire travailler les cuirassés à la flexion longitudinale en limitant la charpente résistante au pont blindé supérieur et en traitant le reste des œuvres mortes en superstructures légères ; des cuirassés français notamment ont été construits autrefois sur ce principe. Mais on diminue ainsi la hauteur de poutre ; le métal économisé dans les hauts doit être reporté dans les fonds ; le bénéfice est négligeable, même si l'on suppose résolu le problème de décharger de toute fatigue les superstructures qu'on a décidé de ne pas faire travailler, et qui sont souvent la cause de bien des ennuis.

Nous avons indiqué, en 1929, une solution plus efficace, représentée par la figure 4, qui consiste à demander la résistance à une poutre en acier dont la charpente des fonds constitue l'une des semelles, les blindages voisins de la flottaison l'autre semelle, pendant que le pont supérieur en alliage léger participe à cette résistance sans fatigue exagérée, car sa contrainte est trois fois plus faible que celle de l'acier pour le même allongement. Le résultat cherché, utilisation au maximum de blindages dans la poutre longitudinale, n'est cependant atteint que partiellement : la charpente des fonds, à l'exception d'une très faible partie de la cloison pare-torpilles, est une tôle qui ne joue aucun rôle dans la protection.

### Le cuirassé à protection renforcée

Les exigences nouvelles en matière de protection contre les engins attaquant le bordé de carène par le flanc et par en dessous conduisent à placer dans les fonds des blindages importants auxquels on pourra demander de coopérer à la résistance longitudinale. La figure 13 donne l'exemple d'une protection de ce genre où la presque totalité de la charpente résistante est formée de blindages.

La transformation de l'armement par la fusée et celle de l'appareil propulsif par les nouveaux types dérivés du moteur d'avion ont un caractère commun, qui est l'extrême allègement.

Ce caractère est évident en ce qui concerne l'appareil propulsif, qui pèse encore entre 12 et 15 kg au cheval sur la plupart des grands bâtiments, et qui pourrait être

Déplacement Washington.	2 500 t	10 000 t	45 000 t
<b>Dimensions :</b>			
Longueur .....	120 m	195 m	275 m
Largeur .....	10,2 m	16 m	30 m
Tirant d'eau en charge.	5 m	7,8 m	13 m
<b>Caractéristiques et performances :</b>			
Armement .....	25 fusées de 6 t 50 fusées de 1,5 t 4 canons de 40 12 canons de 20	100 fusées de 6 t 200 fusées de 1,5 t 12 canons de 40 30 canons de 20	500 fusées de 6 t 1 500 fusées de 1,5 t 30 canons de 40 60 canons de 20
Protection latérale .....	230 mm	400 mm	650 mm
--- horizontale .....	230 mm	400 mm	650 mm
--- contre-torpille .....	170 mm	300 mm	500 mm
--- par-dessous .....	110 mm	200 mm	350 mm
Puissance .....	100 000 ch	200 000 ch	420 000 ch
Vitesse maximum .....	40 nœuds	38 nœuds	38 nœuds
Vitesse de croisière .....	25 nœuds	25 nœuds	25 nœuds
Rayon d'action .....	2 500 milles	4 000 milles	6 000 milles
<b>Devis de poids :</b>			
Armement .....	260 t	1 000 t	5 500 t
Protection .....	1 400 t	6 200 t	28 000 t
Moteurs .....	280 t	600 t	1 350 t
Combustibles, eau .....	650 t	2 500 t	10 000 t
Coque, bourrage et divers .....	560 t	2 200 t	10 150 t
	3 150 t	12 500 t	55 000 t

FIG. 9. — CARACTÉRISTIQUES DE TROIS CUIRASSÉS

réduit des quatre cinquièmes au moins avec des diesels type automotrice ou des turbines à combustion type turbopropulseur d'avion.

L'allègement en passant du canon à la fusée est au moins aussi accentué. Ce n'est pas tant dans la suppression des pièces qu'est le bénéfice, bien qu'il ne soit pas indifférent de débarquer quelques tubes d'une centaine de tonnes chacun, mais dans l'organisation générale des tourelles de grosse artillerie. La charpente de la tourelle et surtout sa protection sont beaucoup plus lourdes que les pièces. Si les fusées devaient être employées comme l'artillerie principale, c'est-à-dire aussi bien en tir tendu qu'en tir courbe, la protection nécessaire des lance-fusées exigerait aussi des tourelles, un peu plus légères sans doute, puisque leur charpente n'aurait pas de grosses réactions à supporter, mais dont le revêtement par blindage ne permettrait pas une grosse économie sur le poids total.

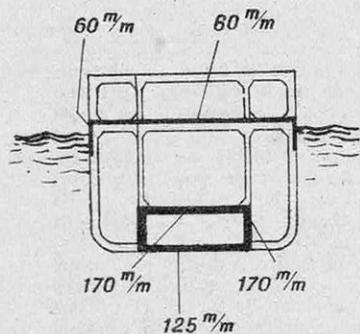
Mais le tir tendu est-il bien indispensable pour une fusée ? Ce n'est pas tant le principe de l'autopropulsion qui est en cause que la possibilité d'un guidage par radio, ou d'un auto-guidage, qui permet de s'en passer. Les installations d'artillerie principale, en dehors des soutes à fusées, se réduiraient alors à un trou ménagé dans les ponts blindés pour la sortie des engins, économisant ainsi les 2 000 à 3 000 t d'une tourelle triple ou quadruple de 406 mm. La conduite de tir s'exercera tout aussi aisément

en cours de vol que sur l'engin au repos dans le lance-fusées d'une tourelle.

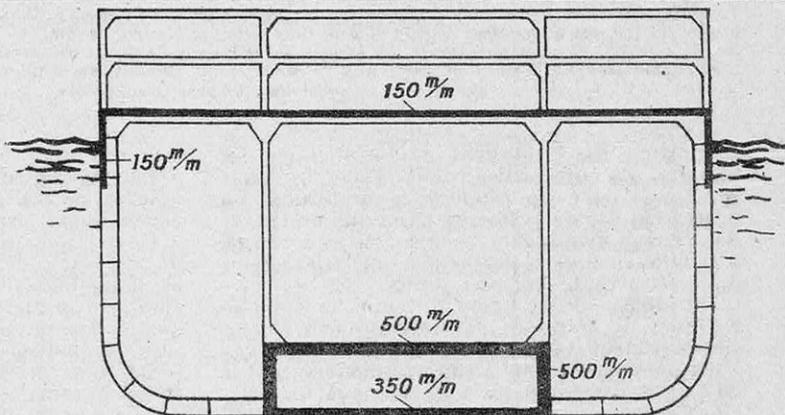
Une caractéristique essentielle des cuirassés futurs est donc la part extrêmement réduite du poids total qu'absorbera l'armement et la propulsion, donc la part prépondérante de la protection.

Une caractéristique presque aussi importante est la transformation profonde de cette protection dans la mesure où elle doit servir contre la bombe atomique. Le navire qui recevra un impact direct, ou à son voisinage immédiat, est de toute façon condamné. Il s'agit seulement de sauver celui qui se trouve à 100 ou 200 m et qui aurait, sans dispositions spéciales, le sort des nombreux navires, cuirassés compris, détruits à Bikini, bien que leur distance au centre d'explosion fût très supérieure. A plusieurs centaines de mètres, la pression exercée par l'explosif nucléaire est sensiblement uniforme, surtout si le navire est de faibles dimensions ; la charpente est soumise à des efforts semblables à ceux que doit supporter un sous-marin en plongée, et c'est l'explication de la tenue remarquable des sous-marins à Bikini. Or la résistance d'un cylindre de grande longueur soumis à une pression uniforme, extérieure ou intérieure, dépend simplement du poids relatif consacré à l'enveloppe. Des cylindres creux semblables supportent la même pression, alors que des cuirassés semblables

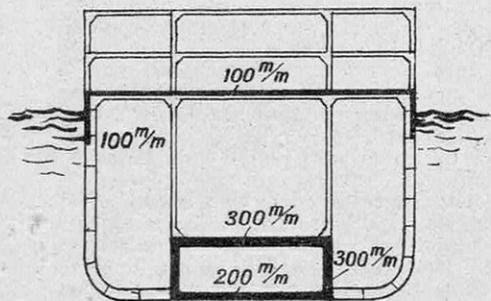
FIG. 10, 11 ET 12. — COUPES DE TROIS PROJETS DE CUIRASSÉS



Cuirassé de 2 500 t W



Cuirassé de 45 000 t W



Cuirassé de 10 000 t W

Les coupes au maître ci-contre des trois cuirassés de 2 500, 10 000 et 45 000 t W, dont les caractéristiques sont indiquées dans la figure 9, appliquent le même principe de construction pour la charpente résistante. Elle est essentiellement constituée par une poutre longitudinale en acier ; la semelle inférieure a pour élément principal un tube rectangulaire blindé dont la face inférieure forme bordé de carène ; la semelle supérieure a pour élément principal la cuirasse de ceinture et le pont blindé supérieur établi au voisinage de la flottaison. Les ponts des emménagements en alliage léger participent à la résistance. Le caisson central blindé règne sur environ moitié de la longueur (il est rempli d'un bourrage léger en dehors du tube inférieur) ; les compartiments protégés, appareil propulsif et soutes à munitions y sont groupés. L'appareil moteur est constitué par des moteurs d'aviation de 3 000 ch attaquant les lignes d'arbres par engrenages. L'armement se compose de fusées de 6 t et 1,5 t, plus spécialement destinées aux grands bâtiments pour les premières, aux petits bâtiments et à l'avion pour les secondes, mais dont les missions n'en sont pas moins interchangeables ; il est complété par des canons automatiques de 40 et 20 mm.

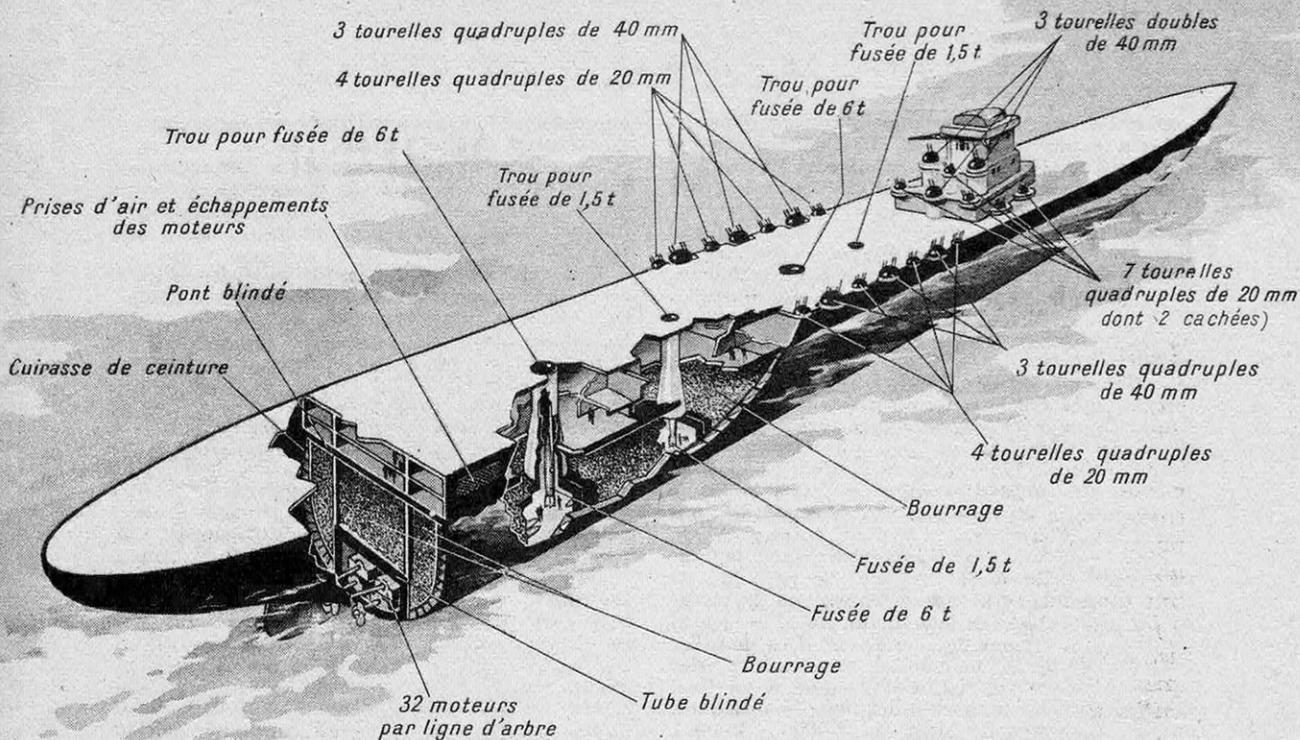


FIG. 13. — PROJET DE CUIRASSÉ DE 45 000 T

La protection se compose d'une cuirasse de ceinture et d'un pont blindé supérieur, légèrement au-dessus de la flottaison, de 150 mm d'épaisseur chacun et d'un tube rectangulaire sur le fond, de 500 mm d'épaisseur sur le dessus et les côtés, et 350 mm par en-dessous. La largeur est réduite à 30 m, en raison de la stabilité de poids assurée par ce tube blindé. Le tirant d'eau a été porté à la valeur de 13 m, inhabituelle pour un cuirassé, mais qui ne dépasse pas celui des plus grands paquebots.

supportent des explosions de torpilles ou des impacts de projectiles dont l'énergie varie comme le cube du rapport de similitude. La protection contre la bombe atomique ne trouve donc aucun avantage dans la course au tonnage, à la différence de la protection contre les engins dont on accepte l'impact direct.

Le tableau de la figure 5 donne les caractéristiques de cuirassés « antiatomiques » conçus sur ce principe (fig. 6 et 7).

Le plus petit est un « cuirassé monoplace » de 20 t qui transpose dans la guerre navale le principe du monoplace de chasse, plus rapide, aussi puissamment armé et beaucoup mieux protégé que le bombardier lourd ; avec son blindage cylindrique de 75 mm d'épaisseur et 80 cm de diamètre, il résiste sept fois mieux à la bombe atomique que le cuirassé de 45 000 tonnes et 38 m de diamètre qu'on aurait trouvé le moyen de revêtir d'une carapace de 500 mm. Son point faible n'est pas le rayon d'action, largement suffisant pour rejoindre la terre après tir de ses deux fusées, mais l'autonomie qui tient à la réduction au minimum de l'équipage ; il suffit pour le combat, mais pas pour les croisières de longue durée, sauf entraînement spécial assez peu fréquent dans les marines de guerre. Le meilleur emploi de ce type de cuirassé est donc l'embarquement à bord d'autres navires, ou même de grands avions, comme le représente la figure 8. L'avantage du transport aérien est l'intervention en quelques heures à des milliers de kilomètres de la base de départ, au milieu

d'un combat naval ou d'une attaque de convoi.

La vedette cuirassée de la figure 7 ne prête à aucun de ces reproches ; l'autonomie est aussi élevée qu'on peut le désirer.

Quelle que soit la supériorité de bâtiments du type précédent, du point de vue protection et maniabilité, il n'est pas à prévoir qu'ils éliminent entièrement, en temps de paix du moins, les grands navires d'aspect plus classique. Le tableau de la figure 9 donne les caractéristiques de trois cuirassés établis respectivement aux déplacements de 2 500, 10 000 et 45 000 t et dont les superstructures en alliages légers peuvent être développées au point de loger à l'aise des effectifs importants.

Le point faible de ces bâtiments est, à l'inverse du cuirassé à un seul homme d'équipage, d'être beaucoup plus aptes à la croisière qu'au combat. C'est la place inutile beaucoup plus que le poids inutile qu'il faut pourchasser sur le navire de guerre. En dehors de compartiments dont on n'apprécie pas toujours jusqu'à quel point ils peuvent être réduits, le seul volume utile est celui qu'on aura rempli d'un bourrage léger, solide ou liquide, qui maintiendra le navire à flot malgré les coups qu'il reçoit. C'est une conception qu'il était déjà assez difficile de faire admettre à une époque où les grands bâtiments dépassaient les deux mille hommes à bord. Mais l'ère atomique est encore moins favorable à la protection de ces foules, qu'il faudra se résigner à laisser à terre.

G. ROUGERON

# DU POLI AU « SUPERFINI »

par J. SEIGLE

Ancien Professeur de Métallurgie à l'École Supérieure de la Métallurgie et des Mines de Nancy

*Jusqu'à ces dernières années, les méthodes mises en œuvre industriellement pour le polissage des surfaces métalliques étaient demeurées assez primitives ; elles ne différaient guère, dans leur principe, de celles qu'employaient les anciens Égyptiens, Grecs ou Romains, pour obtenir de petits miroirs en or, en argent ou en bronze, ou de celles qu'appliquent nos ménagères lorsque, avec une pâte à polir, elles « font » les cuivres. L'étude scientifique des « états de surface », c'est-à-dire de la structure intime des premières assises de la couche superficielle d'une substance, d'un métal en particulier, a montré que le poli plus ou moins parfait que peut acquérir une telle surface ne se traduit pas seulement, dans la pratique, par une amélioration de son aspect décoratif, une augmentation de son pouvoir réflecteur ou une diminution de sa résistance au frottement. C'est lui qui conditionne au premier chef la « fatigue » du métal aux efforts alternés et aux trépidations, sa résistance à la corrosion, son usure par frottement, sa lubrification, etc. Alors qu'une rectification courante à la meule laisse subsister à la surface d'une pièce d'acier des aspérités de 6 ou 7 microns (millièmes de millimètre) et des ondulations d'une dizaine de microns, la super finition mécanique, mise au point en Amérique, et le polissage électrolytique, dû à M. Jacquet, en France, permettent d'obtenir des surfaces ne présentant aucune ondulation de plus de 1 micron et aucune aspérité d'épaisseur supérieure au dixième de micron. La mise au point de ces plus récents procédés de traitement superficiel des métaux constitue un progrès d'une importance considérable pour le développement de l'industrie mécanique.*

**L**ES surfaces en contact d'un tourillon tournant entre ses coussinets, d'un piston se déplaçant dans son cylindre, etc. présentent chacune, à l'état neuf, des rugosités plus ou moins importantes. Le début de la mise en service amène la disparition progressive des aspérités par usure réciproque ; les frottements, pendant cette période, sont donc plus grands qu'ils ne seront par la suite, quand les pièces se seront rodées l'une l'autre, et pourraient causer des échauffements et du grippage si on faisait marcher la machine neuve tout de suite à la vitesse normale. De toute façon, il se produit ainsi une certaine usure réciproque et une augmentation de jeu qui seront nuisibles au bon fonctionnement et à la durée de la machine.

Si on considère, d'autre part, une pièce encastree à ses deux extrémités et ayant une rayure transversale, des efforts de flexions alternatives tendent à faire fermer et ouvrir l'entaille de la rayure ; une alternance rapide d'efforts produira une rupture plus ou moins prématurée de la pièce. La même chose se produit pour un arbre tournant rapidement et soumis à des efforts de flexion : on peut dire que toute entaille, toute rayure diminuent la limite d'endurance des arbres.

Il y a donc un très grand intérêt à ce que toutes les pièces mécaniques soumises à des vibrations ou à des flexions alternées rapides, comme celles soumises à des frottements, soient aussi bien polies que possible.

D'autre part, l'étude scientifique de la lubrification (1) montre que le degré de finition des surfaces joue un rôle primordial dans la ténacité

du film d'huile, pellicule se formant sur la surface des pièces en contact et assurant le glissement de ces pièces sans grippage. En particulier, des essais réalisés en Amérique sur une surface finement rectifiée et une surface « superfinie » suivant les méthodes que nous décrirons plus loin ont montré que, dans le second cas, un film d'une épaisseur dix fois moindre supporte une charge double avant de se rompre.

Enfin, c'est un fait d'expérience que, toutes choses égales par ailleurs, les pièces métalliques bien polies sont moins sujettes à la corrosion que les pièces rugueuses ou insuffisamment polies.

Ces divers aspects de l'importance du poli des surfaces justifient les études qui ont été entreprises au cours de ces dernières années, tant en France qu'à l'étranger (en Amérique particulièrement) sur l'état réel de ces surfaces et sur les procédés de « super finition ».

## Le principe du polissage mécanique

Deux corps frottés l'un contre l'autre s'usent mutuellement soit par arrachements directs de particules, soit par rayures, ce qui est un autre type d'arrachement dans lequel des parties aiguës du corps le plus dur pénètrent dans le corps le moins dur.

Les minéralogistes caractérisent la dureté des minéraux en employant un classement proposé par Mohr, dont les différents échelons sont repérés par la suite des substances minérales ci-après :

- 1 — talc (silicate naturel hydraté de magnésium) ;
- 2 — gypse (sulfate naturel hydraté de calcium) ;
- 3 — calcite (carbonate naturel de calcium) ;
- 4 — fluorine (fluorure naturel de calcium) ;

(1) Sur le principe de la lubrification, voir *Science et Vie*, n° 315, novembre 1943, p. 231.

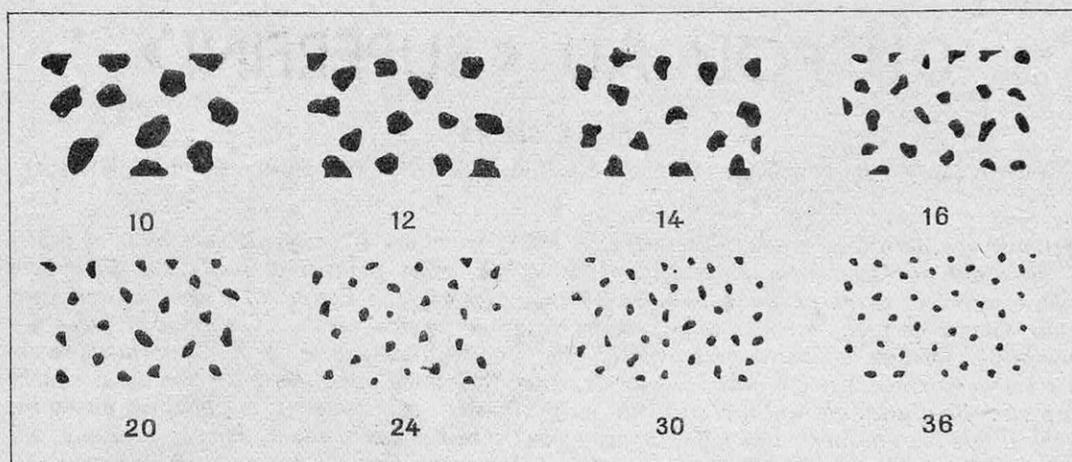


FIG. 1. — GROSSEUR RÉELLE DE GRAINS D'ABRASIFS D'APRÈS LEUR NUMÉRO (NORTON)

- 5 — apatite (phosphate naturel de calcium) ;
- 6 — orthose (silicate double d'aluminium et de potassium) ;
- 7 — quartz (silice) ;
- 8 — topaze (fluosilicate naturel d'aluminium) ;
- 9 — corindon (alumine pure cristallisée) ;
- 10 — diamant (carbone pur cristallisé).

Un cristal de cette série raye les substances qui le précèdent, mais ne raye pas les suivantes. On peut repérer la dureté des diverses substances solides, naturelles ou artificielles, d'après la même échelle ; c'est ainsi que le verre a une dureté égale à 6 ; la dureté des aciers trempés est du même ordre ; une bonne lime raye fortement les aciers doux et les fontes grises, l'acier doux raye le cuivre, l'aluminium, l'or, l'argent, etc.

Le principe du polissage mécanique est de faire sur la surface à polir des rayures de plus en plus fines, en utilisant un corps plus dur, qualifié d'*abrasif* et employé sous forme d'éléments de plus en plus fins, agglomérés ou non. Cette technique n'est pas seulement applicable aux métaux, mais également au verre (glaces, verres d'optique, etc.), au marbre, à l'ivoire, etc. ; les métaux mous, comme le plomb et les alliages à

haute teneur de plomb, ne peuvent pas être polis mécaniquement.

#### Abrasifs naturels et artificiels

Le meilleur abrasif, le *diamant*, en petits fragments ou en poudre très fine, n'est utilisé que dans des cas très particuliers d'usage ou de polissage et jamais pour les préparations de surfaces métalliques polies, à cause de son prix trop élevé.

Chacun connaît les *toiles et papiers émeris* du commerce et sait qu'il en existe toute une série de numéros, à éléments plus ou moins fins ou grossiers. L'émeri est un corindon naturel granulaire (dureté 9 de l'échelle de Mohr) que l'on broie, tamise et classe selon la finesse des ses éléments.

Dans les meules en *grès*, utilisées couramment pour l'affûtage des outils, couteaux, etc., ce sont des grains de quartz qui constituent la substance dure.

Le *tripoli* est fait d'une infinité de concrétions siliceuses secrétées par des algues marines microscopiques.

Le *rouge d'Angleterre* ou *colcotar* est du sesquioxyde de fer : la *poudre de Vienne* ou *chaux de Vienne* est de la dolomie (carbonate naturel de chaux et de magnésie) qui a été calcinée : la *Pierre ponce* (variété volcanique de feldspath dite orthose) est utilisée en morceaux ou en poudre.

On utilise maintenant les deux produits artificiels suivants :

1° Le *siliciure de carbone*, produit au four électrique à partir du quartz et appelé commercialement *carborundum*, *crystolon*, etc., selon le producteur ;

2° l'*alumine artificielle*, produite à partir de la bauxite (alumine hydratée impure) et appelée industriellement *alundum*, etc.

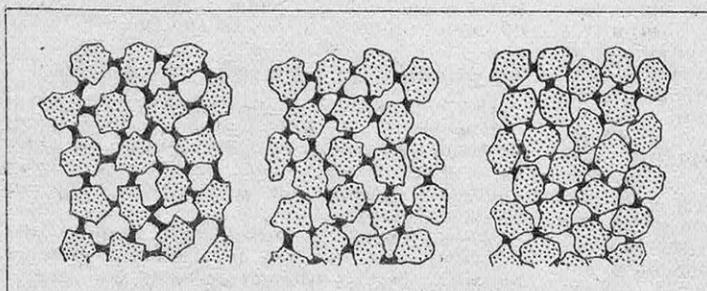


FIG. 2. — SCHÉMA DE TROIS STRUCTURES DIFFÉRENTES DE MEULES AVEC GRAINS D'ABRASIF DE MÊME GROSSEUR

Les aires en pointillé représentent les grains d'abrasif, les traits noirs l'agglomérant, et le blanc les pores interstitiels. (Norton.)

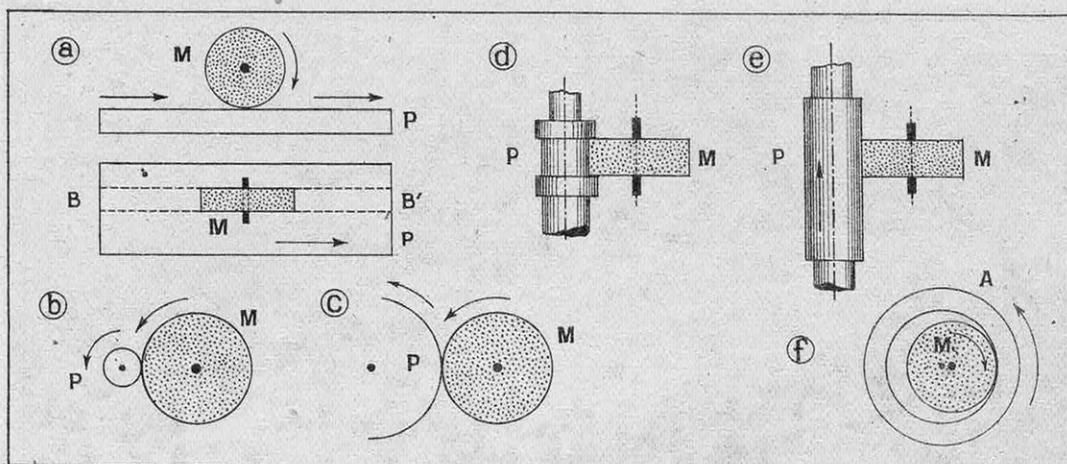


FIG. 3. — QUELQUES CAS SIMPLES DE TRAVAIL PAR LA JANTE DE LA MEULE (RECTIFICATION)

a (surfaçage) : la meule *M* tourne autour de son axe, immobile dans l'espace ; sa périphérie meule une bande *BB'* de la pièce *P*, grâce au déplacement de celle-ci, dans son plan, en direction de la flèche ; toute la surface supérieure de la pièce sera meulée par bandes successives telles que *BB'*, avec faible empiètement de chaque bande sur celle précédemment meulée ; — b et c : la meule *M* opère sur une pièce de petit ou de faible diamètre, tournant elle-même autour de son axe ; — d : la meule, vue en plan, travaille sur toute la longueur d'un tourillon *T* d'un arbre ; celui-ci tourne autour de son axe ; — e : la meule, vue en plan, travaille sur une portion de la longueur de la partie cylindrique *P*, tournant autour de son axe ; la pièce *P* est animée, en plus de son mouvement de rotation, d'un mouvement de déplacement lent dans la direction de son axe (on pourrait, inversement, faire tourner la pièce autour de son axe sans autre mouvement ; ce serait alors la meule *M* que l'on déplacerait afin de meuler la surface de la pièce sur toute sa longueur) ; — f (rectification d'alésage) : la meule *M* travaille pour rectifier l'intérieur d'un anneau ou manchon *A* ; il y aura, en outre, un déplacement relatif convenable de *M* et de *A* pour meuler cette pièce sur toute la longueur de sa surface intérieure.

Pour les polissages les plus fins, on utilise l'alumine précipitée, qui est préparée de diverses façons sous forme d'un fin précipité insoluble dans l'eau, et vendue en flacons où, mélangée à de l'eau, elle forme une sorte de bouillie épaisse ; il y a différentes finesses moyennes des grains : une alumine dite « de une heure » est formée par les éléments d'une suspension d'alumine dans l'eau qui se sont déposés pendant la première heure de repos ; une alumine « de trois heures » est fournie par les grains qui se sont déposés entre la première et troisième heure ; une alumine « de vingt-quatre heures » sera formée par les grains déposés entre la troisième et la vingt-quatrième heure ; cette dernière alumine est évidemment formée par les grains les plus fins de tous.

Les abrasifs, une fois obtenus à l'état fragmentaire ou pulvérulent, sont employés de diverses façons suivant le but cherché.

Pour les pièces mécaniques, il y a à lieu, le plus souvent, de faire précéder le polissage proprement dit par un meulage pour user ou rectification, qui s'effectue avec des meules dures et qui comprendra plusieurs étapes, par exemple un dégrossissage et un finissage. Le polissage, qui s'effectue avec des meules souples, comprend aussi des étapes variées suivant le but envisagé et en tenant compte des prix de revient et des débits possibles.

### Les meules dures pour usure : affûtage et rectification

On utilise des meules taillées dans des grès naturels et des meules faites de grains abrasifs (émeri, silicure de carbone, ou alumine artificielle) liés par un agglomérant ; on fait ainsi un bloc massif à la forme voulue, ou bien encore on colle sur un disque en bois ou une courroie le mélange d'abrasif et d'agglomérant.

Les principaux agglomérants sont :

1° L'argile vitrifiée : le mélange d'argile crue et d'abrasifs, mis à la forme désirée pour la meule, est cuit à une température élevée ; de sorte que l'argile forme un verre qui relie les grains d'abrasif ;

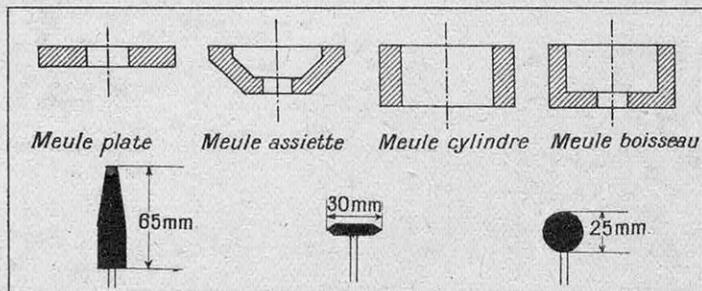


FIG. 4. — QUELQUES FORMES COURANTES DE MEULES

Il existe des meules plates de tout petit diamètre (25 mm, avec 3 à 100 mm d'épaisseur), de diamètre moyen (500 mm, avec 6 à 200 mm d'épaisseur) ; le plus grand diamètre dépasse 2 m, avec une épaisseur de 150 à 350 mm.

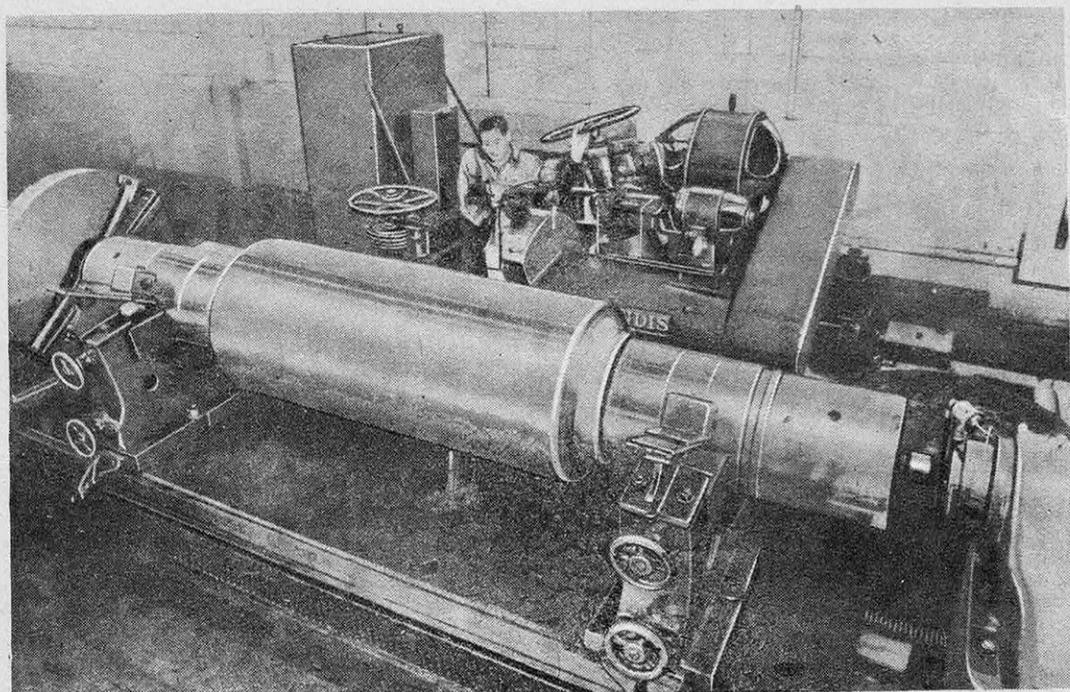


FIG. 5. — LA RECTIFICATION D'UN CYLINDRE DE LAMINOIR SUR UNE MACHINE AMÉRICAINE LANDIS  
Cette machine peut rectifier un cylindre de 1,5 m de diamètre et d'un poids de 88 tonnes (R. S. Stokvis et fils).

2° les résines artificielles (bakélite, etc.), le caoutchouc-rubber, une laque dite shellac, etc. ;  
3° le silicate de soude.

La figure 1 donne une idée de la grosseur des grains d'abrasifs classés en numéros selon leur grosseur ; la figure 2 représente trois textures de meules, pour lesquelles on a employé la même grosseur de grains et la même nature d'agglomérants, mais les proportions d'abrasif et d'agglomérant sont différentes de sorte que l'importance des vides, ou pores, n'est pas la même.

Chaque sorte d'abrasif (siliciure de carbone, émeri ou alumine), chaque sorte d'agglomérant, chaque grosseur et type de texture font que, parmi les diverses sortes de meules, certaines sont mieux appropriées à tel ou tel travail (dégrossissage ou finissage) et à tel ou tel corps à travailler

(acier doux, acier dur ou très dur, fonte grise-fonte blanche, aluminium, cuivre, bronze, granit, verre, etc.)

Une meule peut être utilisée pour travailler par sa jante ou par une face, ou par l'une ou l'autre des parties de sa surface dans le cas des meules genre assiette ou boisseau.

La figure 4 montre quelques-unes de très nombreuses formes de meules prises parmi les plus simples, et la figure 3 quelques cas simples de travail par la jante de la meule.

La vitesse périphérique habituelle est de l'ordre de 20 à 30 m par seconde ; les meules sont entourées d'appareils de protection contre la projection d'éclats en cas de rupture sous l'effet de la force centrifuge ou d'un travail anormal.

On peut meuler à sec, ou bien avec arrosage d'eau ou d'huile. L'ordre de grandeur de l'épaisseur de métal enlevé à chaque passe est, par exemple, de 0,20 à 0,90 mm en dégrossissage, et seulement de 0,03 à 0,10 mm en finissage.

La partie travaillante d'une meule, périphérie ou face, s'use peu à peu et se creuse. Il faut de temps en temps redonner à la meule une bonne forme, en usant les parties restées à la forme n'ont pas ou peu travaillé. On utilise des outils en acier très dur ou en fonte dure, en forme de disques dentés, montés autour d'un axe, le tout tenu à la main par une poignée. On applique fortement un tel disque contre la meule aux endroits voulus. Pour des remises à la forme tout à fait précises, ce travail est suivi d'une usure à la pointe de diamant, montée à l'extrémité d'une poignée.

Si l'on veut travailler en série des pièces de révolution dont le profil comporte une forme

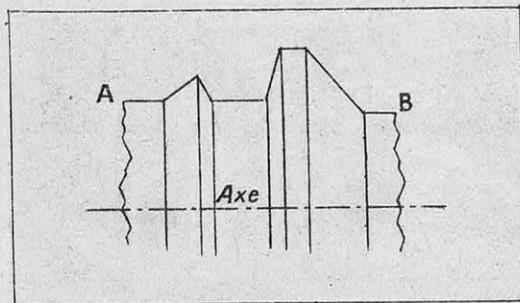


FIG. 6. — PIÈCE PROFILÉE DE RÉVOLUTION QUE L'ON PEUT FABRIQUER EN GRANDE SÉRIE PAR LA MÉTHODE DU MEULAGE AVEC « CRUSHING ROLL »

telle que celle représentée par la figure 6, la jante de la meule à laquelle on aura donné le profil AB voulu sera rapidement usée de façon inégale, et le profil ne conservera pas la forme voulue. La méthode américaine permettant de faire de tels travaux consiste à utiliser un galet en acier dur, dit *crushing roll* (rouleau d'écrasement), profilé à la forme AB ; on l'applique sous forte pression contre la jante de la meule pour déformer celle-ci, dès que l'usure est sensible, et la ramener ainsi à la bonne forme ; le travail de meulage et la retouche de la jante de la meule par le *crushing roll* sont suivis à l'aide d'un microscope monté sur la machine à meuler, ainsi que le *crushing roll*.

### La rectification

Les opérations d'usinage à des cotes données, précisées avec une faible tolérance, s'appellent *rectifications* ; le cas de la figure 3 a s'appelle plus particulièrement *surfaçage*. Si l'on considère le cas d'une pièce cylindrique à profil simple ou compliqué, on aura pu, par tournage à l'outil, mettre la pièce près des cotes désirées, en ne laissant qu'une *légère surépaisseur*, par exemple de quelques dixièmes de millimètre, et la rectification aura peu à enlever ; ou bien on laissera à la pièce une *notable surépaisseur* et le dégrossissage à la meule aura beaucoup à enlever. Les ateliers emploient l'une ou l'autre des deux méthodes selon l'outillage dont ils disposent.

Le chauffage pour recuire, pour tremper, et surtout la plongée d'une pièce chaude dans un bain de trempe (eau, huile, etc.) produisent des *déformations* (distorsions, ovalisations, etc.), qui sont un des gros soucis de la finition des pièces. On y pare en laissant aux pièces, avant traitement thermique, une certaine *surépaisseur*, que l'on enlève ensuite. C'est l'expérience qui apprend pour chaque cas la *surépaisseur* nécessaire et suffisante pour obtenir des pièces finies, traitées thermiquement, qui soient bien aux cotes voulues.

### Machines à meuler, meules simples fixes, meules portatives

Pour obtenir un résultat correct dans la rectification par meulage, certaines précautions sont nécessaires : La meule doit exercer une certaine pression contre la pièce à meuler, plus grande pour un dégrossissage que pour un finissage ; pour que cette pression n'amène pas une déformation de la pièce par flexion, il

faudra aménager des supports pour empêcher cette flexion.

Les machines à meuler pour faire de la rectification de pièces, depuis celles ne pesant que quelques grammes ou dizaines de grammes jusqu'à de gros cylindres de laminoirs pour tôles fines pesant plusieurs tonnes (fig. 5), comportent toute une série de mécanismes pour la mise en place des pièces et de la meule, leur maintien sans déformation ni vibration, le réglage des déplacements et des vitesses de rotation, etc. (fig. 7).

Les machines les plus compliquées sont notamment celles qui sont établies pour la fabrication en grande série de vilebrequins de moteurs d'automobiles et d'avions, car il faut que le travail soit rapide, précis et commode. Un arbre vilebrequin comporte en effet plusieurs tourillons suivant son axe principal, et plusieurs manetons ; l'axe de chaque maneton devra être rigoureusement parallèle à l'axe principal et en être distant d'une valeur bien déterminée ; c'est une obligation qui s'ajoute à celle de l'exactitude des diamètres des tourillons et des manetons.

Mais on utilise aussi pour des travaux moins compliqués des agencements très simples et peu coûteux : la meule est montée sur un socle fixe ou mobile, les pièces à meuler sont tenues à la main ou fixées dans un étai et rapprochées de la meule. Enfin, il y a également des meules portatives commandées par une transmission flexible : la figure 8 en montre un modèle avec un moteur de 0,75 ch ; on peut travailler avec quatre vitesses, la plus faible étant de 15 tours, la plus forte de 150 tours par seconde.

Par ailleurs, les meules peuvent également être utilisées pour faire de l'*affûtage d'outils* ;

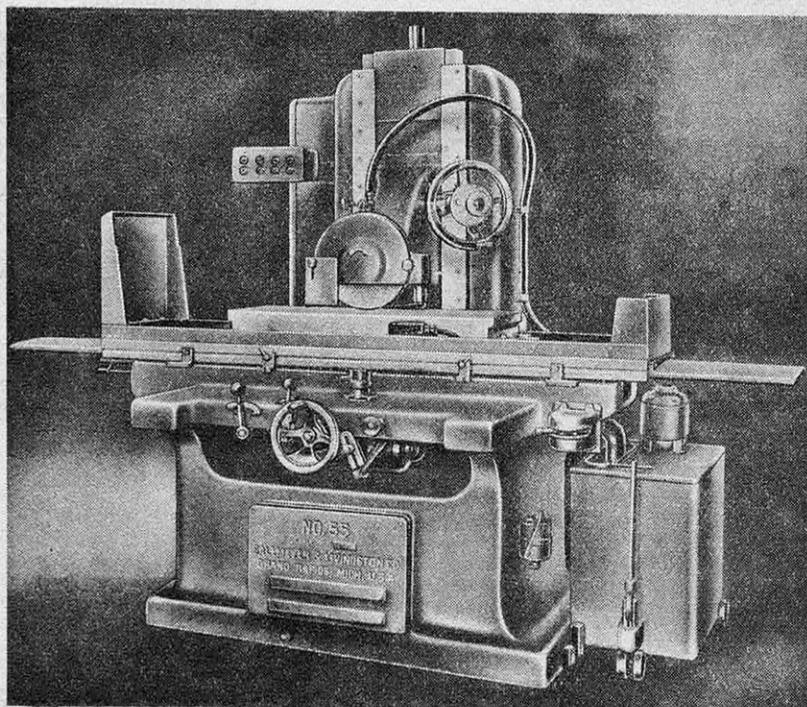


FIG. 7. — MACHINE À SURFACER (GALLMEYER ET LIVINGSTON)

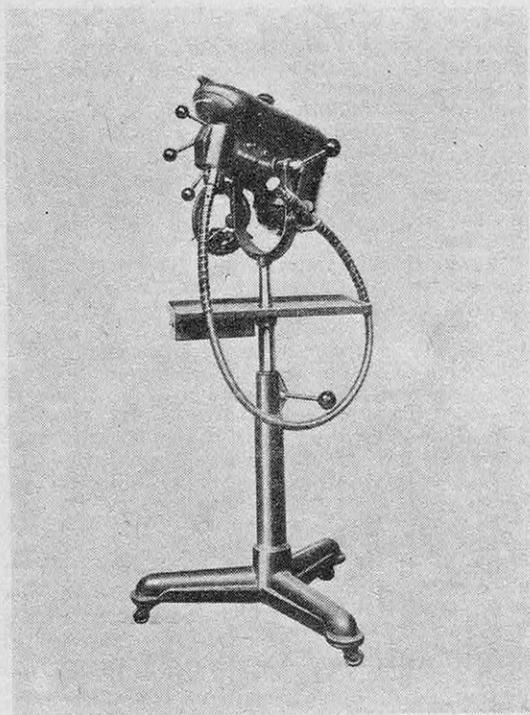


FIG. 8. — MEULE PORTATIVE A TRANSMISSION FLEXIBLE

Ce modèle de meule portative, actionné par un moteur de 0,75 ch, peut travailler avec quatre vitesses échelonnées entre 15 et 150 tours par seconde. (Stokvis).

notamment pour donner à leur extrémité la forme exacte désirée : affûtage d'outils de tour, par exemple, ou d'extrémités de forets. On ne s'inquiète évidemment pas de la longueur de l'outil, qui diminuera au fur et à mesure de l'usage qu'on en fait et des réaffûtages successifs.

Notons en passant que la fabrication des aiguilles avec leur appointage, le perçage du chas, le traitement thermique de trempe et revenu, le polissage général, etc., comporte, pour les différentes phases, des dispositifs d'exécution vraiment merveilleux.

### La super finition mécanique

Si l'on tient à la main l'objet meulé (cas de la meule fixe) ou bien une meule portative (cas de la pièce immobile), on peut varier un peu la direction des rayures. Dans le cas des vraies machines à meuler (machine à rectifier ou à surfacer) les grains d'abrasif font des rayures toutes parallèles entre elles, à direction unique simple.

L'idée générale de la super finition mécanique est de réaliser des rayures de forme compliquée dont la superposition donnera un résultat bien meilleur que les rayures parallèles du meulage ordinaire.

Le *honing* est le premier procédé de rodage à la pierre dans lequel un mouvement relatif complexe de l'outil et de la pièce ait été réalisé : la meule est remplacée par des blocs abrasifs conformés à la surface à travailler, et un mouvement de translation est combiné au mouvement

de rotation relatif de la pièce et de l'ensemble des blocs, de manière à réaliser un rodage à traits croisés, à faible vitesse (quelques mètres par seconde) et faible pression ; ces vitesses et pressions sont cependant suffisantes pour modifier par échauffement la structure des couches superficielles.

La *super finition Chrysler* fait intervenir très généralement un double mouvement alternatif du bloc abrasif, qui se combine au mouvement de rotation de la pièce. Par exemple, pour le travail au tour, la machine à super finir est fixée sur la tourelle du tour sur lequel est montée la pièce à super finir, et imprime au bloc d'abrasif, dans une direction parallèle à l'axe du tour : 1° des allées et venues de 2 à 3 mm d'amplitude 5 à 7 fois par seconde ; 2° des allées et venues d'amplitude dix fois moindre et d'un rythme bien plus rapide. Un grain d'abrasif qui ferait une rayure rectiligne si le bloc d'abrasif était immobile fera donc une rayure compliquée (fig. 9) à une vitesse variant entre 5 à 25 cm/s. Mais, comme le nombre de points d'abrasifs faisant de telles rayures est considérable, on obtiendra une infinité de rayures du même genre plus ou moins superposées : chaque aspérité sera donc attaquée sous toutes ses faces et rapidement supprimée. Par suite des faibles vitesses et pressions utilisées, un liquide de refroidissement n'est pas nécessaire, mais il faut cependant arroser avec un lubrifiant très propre (mélange de pétrole et d'huiles visqueuses) pour éliminer les particules d'abrasif et de métal arrachées.

Le mécanisme se pose sur le chariot d'un tour ordinaire et se déplace avec ce chariot commandé par la vis mère du tour perpendiculairement au plan de la figure.

La figure 10 montre l'ensemble d'un appareil de super finition.

Habituellement, on fait deux passes de super finition : un *dégrossissage* avec un abrasif à grains moyens et un *finissage* avec un abrasif à grains très fins.

Tandis que le meulage et la rectification enlèvent vraiment du métal et sont destinés à mettre une pièce à des cotes précises, tout en lui donnant un beau poli, la super finition enlève seulement, et plus ou moins complètement, les aspérités microscopiques dont nous parlerons plus loin, et les cotes ne sont modifiées que d'une quantité de l'ordre du millième de millimètre. La super finition d'une pièce un peu ovalisée ou ayant un peu de déformation en longueur n'enlève donc rien de ces défauts.

L'expérience a montré que la super finition se fait mieux sur une pièce venant du tour, ou n'ayant subi que la rectification de dégrossissage, que si on l'applique à une pièce déjà bien polie par rectification de finissage.

### Le meulage souple pour polissage

Pour polir les surfaces sans usure superficielle sensible, on utilise des meules souples formées de divers cuirs (cuir de buffle, etc.) d'étoffes (drap, feutre, coton), de peau de chamois, de carton, etc. Ces matières sont découpées et serrées ou cousues ensemble pour en faire le corps de la meule appelé *tampon*. On répand sur la jante, ou sur la face de travail, la poudre abrasive de la finesse voulue, parfois mélangée de colle forte, et on la renouvelle à mesure qu'il en est besoin.

On appelle souvent *avinage* le polissage effec-

tué avec les poudres les plus fines, auxquelles on ajoute du suif, de la stéarine, etc.

Suivant la nature des pièces à polir on utilise la face plane ou la jante de la meule ; cette jante pourra être plane ou profilée : par exemple, pour polir des ronds pleins ou des tubes, la périphérie aura le profil d'une demi-circonférence.

Suivant l'aspect du poli plus ou moins parfait que l'on désire, on fera un ou plusieurs polissages successifs : la multiplication des opérations entraîne évidemment une augmentation du prix de revient.

Par exemple, la préparation des tôles polies en acier spécial inoxydable pour décoration comprendra :

1° le meulage des lingots coulés pour enlever une « peau » épaisse sur toute leur surface ;

2° Le meulage des pièces laminées servant d'ébauches et appelées « brames », pour enlever les défauts superficiels là où il en existe ;

3° Le meulage des défauts superficiels pouvant encore exister sur les tôles obtenues par les laminages successifs à partir des brames ;

4° Le polissage sur des meules souples dans le cas de tôles peu larges ( par exemple huit meules souples placées alternativement au-dessus et au-dessous de la tôle qui avance entre elles), ou bien dans le cas des tôles larges (jusqu'à 1,4 m de large et 4 m de long), le polissage par des bandes abrasives. Les premiers polissages se font avec des abrasifs de plus en plus fins à sec, par exemple à l'alundum ; les derniers se font avec des abrasifs encore plus fins incorporés à une couche de graisse appliquée sur la jante de la meule souple ou sur la bande à polir, les derniers abrasifs étant de l'alumine comme celle qui est employée par les micrographes, ou de l'oxyde de chrome.

Les polis obtenus, classés par ordre de perfection, s'appellent *poli commercial*, *poli parfait*, *lustage*, et *poli miroir*.

La vitesse périphérique des meules souples à polir est de 20 à 30 m/s, et jusqu'à 60 à 70 m/s en avivage final.

### Le poli spéculaire pour micrographie

Ce poli spéculaire, qui est le plus parfait, peut se réaliser mécaniquement. C'est le poli qui est indispensable pour l'étude au microscope de la structure des métaux et alliages, étude dite *micrographie*.

Si on se propose, par exemple, de polir la section (ronde ou rectangulaire) d'un petit barreau, les opérations successives sont les suivantes :

- 1° limage de la section avec une lime fine ;
- 2° passages sur une série de papiers émeri de plus en plus fins (gros, moyen, fin, puis papiers marqués 0, 00, 000, 0000) ;

chaque fois, tenant le petit barreau entre les doigts, on le déplace sur le papier par de rapides mouvements rectilignes d'aller et retour jusqu'à ce que toute rayure de l'opération précédente ait disparu ; en passant d'un papier au suivant, on change de 90° la direction du mouvement ; autrement dit, on croise les rayures à angle droit ; on peut aller bien plus vite en fixant les papiers émeri sur des disques mis en rotation, mais cela chauffe la surface en polissage et peut modifier la structure que l'on se proposait d'étudier ; dans la plupart des cas, on opère donc à la main. L'aspect de la surface de notre barreau devient nettement poli quand on en est aux papiers 00 et au delà ; mais, si on la regarde au microscope, on voit une infinité de rayures parallèles très fines. Or, on utilise parfois pour la micrographie des grossissements linéaires de 1 000, 1 500 et plus ; l'emploi des papiers émeri, même les

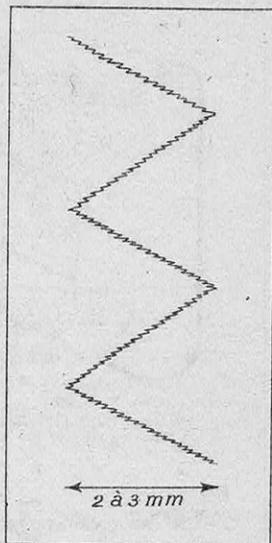


FIG. 9. — RAYURE TRACÉE, EN SUPERFINITION MÉCANIQUE, PAR UN GRAIN D'ABRASIF UNIQUE

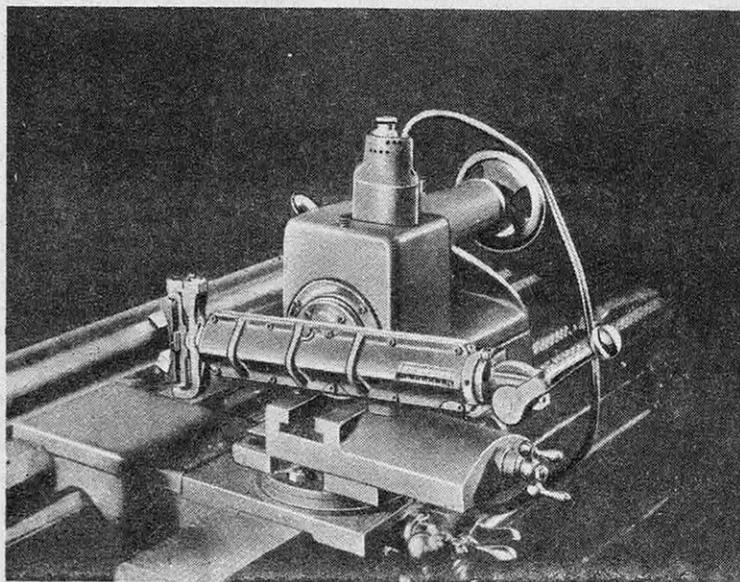


FIG. 10. — DISPOSITIF GISHOLT POUR LA SUPERFINITION D'UNE PIÈCE CYLINDRIQUE

Les blocs d'abrasif sont animés d'un mouvement de va-et-vient longitudinal par le mécanisme contenu dans la tête fixée elle-même sur le chariot du tour sur lequel est montée la pièce à superfinir. Les allées et venues ont une amplitude de 5 mm et une cadence de 450 par minute ; la pression du bloc d'abrasif sur la pièce est réglable.

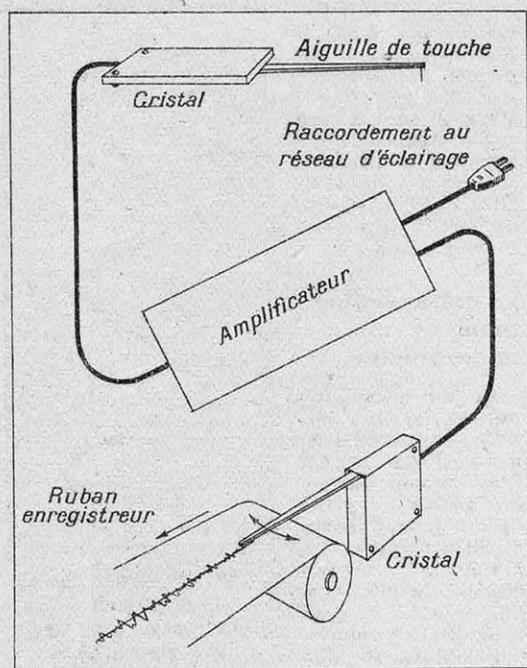


FIG. 11. — PRINCIPE DE L'ENREGISTREMENT D'UN PROFIL DE SURFACE PAR AMPLIFICATEUR PIÉZOÉLECTRIQUE

Le premier quartz produit une tension de l'ordre de 0,6 millivolt pour un mouvement de 0,01 micron de la pointe de touche; cette tension est amplifiée 50 000 fois et actionne un deuxième quartz commandant l'aiguille d'enregistrement. Le profil tracé est amplifié 100 000 fois (Brush Development Co.).

plus fins, est donc tout à fait insuffisant :

3° Finition sur disque garni de drap, l'abrasif étant de l'alumine très fine en suspension dans l'eau. Le disque (en bois ou en aluminium, par exemple) est garni de drap ou de feutre; pendant la rotation rapide du disque, on projette sur le drap, à l'aide d'un pulvérisateur, de l'alumine précipitée très fine en suspension dans l'eau. La surface à polir est appliquée contre le drap, on la déplace entre la région centrale et la région périphérique, afin d'user le drap un peu partout et de varier les rayures.

Pour un barreau de petite section, par exemple 5 à 6 mm de diamètre, le temps total pour un polissage sera de l'ordre d'une demi-heure. Les difficultés pour éviter les rayures et pour éviter de faire une surface qui soit bombée et non parfaitement plane s'accroissent considérablement quand on opère sur des barreaux de 10 à 15 mm ou plus de diamètre ou de côté; il faut beaucoup plus de temps et de patience.

### La couche de Beilby

Les irrégularités de surface d'une pièce métallique travaillée aux outils, ou à la meule dure, ou à la meule souple, ont été étudiées par diverses méthodes, entre autres à l'aide d'appareils dits *profilomètres* : un très fin stylet de diamant est appuyé doucement sur la pièce et déplacé en direction rectiligne; ce stylet suit les hauts et les bas des rugosités, ses déplacements sont amplifiés (par exemple 1 000 fois) par des dispositifs élec-

triques (fig. 11) et une plume trace sur un papier le profil amplifié. La figure 12 donne quelques exemples de tracés de surfaces, dits *profilogrammes*.

Considérons, par la pensée, une seule et unique rayure ayant entre un et quelques centièmes de millimètre de profondeur. Deux cas extrêmes peuvent se produire selon les métaux :

1° La rayure, avec arrachement de métal, altère le métal par écrouissage sur une certaine épaisseur, indiquée par des hachures (fig. 13, à gauche). Si un polissage ultérieur parfait enlève toute la surface jusqu'au niveau XX, la rayure considérée aura complètement disparu et, au microscope, on ne verra rien d'anormal. Cependant, une attaque par des réactifs acides est susceptible de teinter en sombre la zone *e*; l'examen de la structure en est très gêné ou même empêché. Cela est fréquent avec les aciers doux; le remède est de prolonger beaucoup le polissage sur disque à l'alumine;

2° La rayure a provoqué deux bavures (fig. 13, à droite) tout le long de la rayure. Le passage au papier émeri suivant va « coucher » ces bavures sur les parties voisines de la surface et combler plus ou moins la rayure. Il se constituera sur la surface une couche anormale. Les métaux mous, comme le plomb, ne peuvent pas être polis mécaniquement à cause d'un effet de ce genre.

De toute façon, avec tous les métaux et alliages, la surface du métal ou de l'alliage est constituée sur une certaine épaisseur par du métal à l'état amorphe ou à l'état de cristaux brisés de grosseur bien inférieure à la normale, et d'orientation désordonnée.

C'est le physicien Beilby qui a attiré le premier l'attention sur cet état du « derme » d'une surface métallique amenée au poli spéculaire par polissage mécanique. L'attaque par un réactif, à peu près toujours nécessaire pour faire apparaître la structure microscopique, dissout ce derme amorphe, appelé couche de Beilby, et dévoile bien la vraie structure.

L'existence de la couche de Beilby peut-être prouvée par l'examen électronique : les métaux et alliages à l'état normal recuit sont formés d'éléments cristallins microscopiques; un faisceau d'électrons animés de la même vitesse, tombant obliquement sur la surface polie d'un métal et réfléchis, produit sur un film photographique un *diagramme de diffraction* caractéristique du métal cristallisé étudié (1); c'est un tel dia-

(1) Voir : « La diffraction des électrons et l'analyse électronique » (Science et Vie, n° 235, janvier 1937).

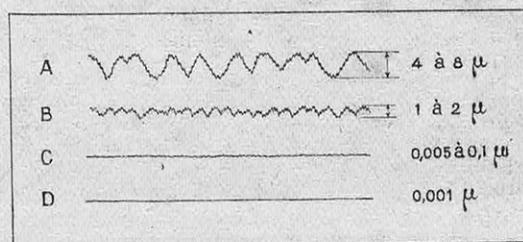


FIG. 12. — EXEMPLE D'IRRÉGULARITÉS TRÈS AMPLIFIÉES D'UNE SURFACE MÉTALLIQUE

A, après tournage; — B, après meulage de rectification; — C, après meulage de super finition; — D, après polissage spéculaire parfait.

gramme que l'on observe quand la surface polie mécaniquement a été préalablement plongée un instant dans un réactif qui a dissous la couche de Beilby, et également quand la surface polie a été obtenue par polissage électrolytique. Nous verrons plus loin en quoi consiste ce polissage. Au contraire, on constate un diagramme très flou quand les électrons sont réfléchis sur une surface polie mécaniquement, finie au disque à l'alumine et non plongée dans un réactif, c'est-à-dire ayant conservé sa couche de Beilby.

Une seconde preuve de l'existence de cette couche est fournie par l'étude de l'orientation des cristaux d'un dépôt électrolytique. Voici les deux expériences, très nettes comme résultat, dues à M. Jacquet : si on produit un dépôt électro-

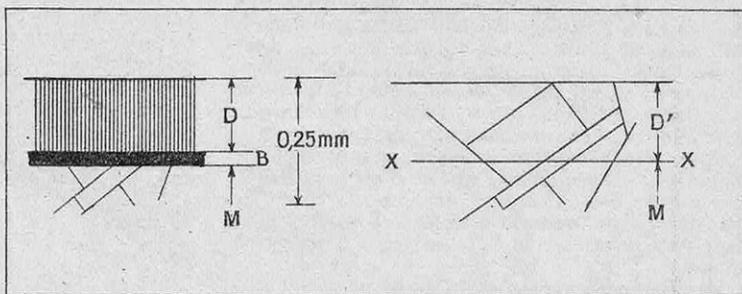


FIG. 14. — EXPÉRIENCES DE M. JACQUET SUR L'ORIENTATION DE LA CRISTALLISATION D'UN DÉPÔT ÉLECTROLYTIQUE SUR UNE SURFACE MÉTALLIQUE

A gauche, le dépôt électrolytique D a été effectué sur le métal poli M, ayant à sa surface la couche de Beilby B; le dépôt se fait par cristaux étroits allongés perpendiculaires à la surface. A droite, le dépôt électrolytique D' a été effectué sur le métal M mis à nu; les cristaux se forment en prolongement direct des cristaux de M.

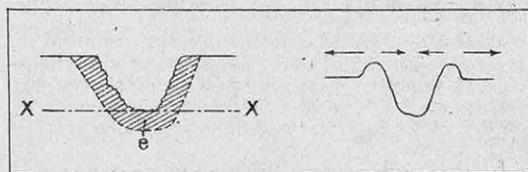


FIG. 13. — DEUX TYPES DE RAYURES D'UNE SURFACE MÉTALLIQUE

A gauche, il y a eu arrachement du métal et écrouissage sur une certaine épaisseur, représentées hachurées sur la figure; si un polissage enlève la surface jusqu'au niveau XX, le microscope ne décèlera rien d'anormal à première vue, mais les réactifs acides teinteront en sombre la zone e. A droite, la rayure a provoqué deux bavures; le polissage suivant « couchera » le métal des bavures sur la surface.

lytique mince de cuivre sur une surface polie de cuivre ayant son derme anormal, ou couche de Beilby, et que l'on examine au microscope une coupe perpendiculaire à la surface, on constate (fig. 14, à gauche) l'existence de trois couches : la couche profonde M est le métal cristallisé normal de l'objet en cuivre; B est la couche de Beilby, d'une épaisseur de l'ordre du centième de millimètre; D est le dépôt électrolytique, formé de cristaux étroits et allongés en direction perpendiculaire à la surface.

Si on produit le dépôt sur une surface sans couche de Beilby, le résultat est tout autre (fig. 14, à droite); M est le métal normal, comme ci-dessus, D' est le dépôt électrolytique, formé de cristaux qui se sont formés en prolongement direct de chacun des cristaux préexistants de M; les cristaux de M ont orienté ceux de D'.

### Le polissage électrolytique

Prenons un bain électrolytique et une source de courant continu, avec ses deux électrodes, anode (+) et cathode (-), plongées dans l'électrolyte. Nous utilisons pour nos observations une ou des pièces métalliques dont la surface

aura été préalablement rendue très propre et exempte de tout corps gras.

Les phénomènes produits diffèrent totalement suivant que notre pièce est mise à l'anode ou bien à la cathode. Dans le premier cas, il y aura oxydation ou dissolution du métal de la pièce. Dans le second cas, il y aura formation d'un dépôt du métal entrant dans la constitution du sel électrolytique.

Le croquis de la figure 15 représente, très grossières, les rugosités d'une surface vues en coupe. Dans les conditions d'attaque anodique adéquates, il se forme dans les divers creux a, b, c, un liquide visqueux qui protège le métal contre l'attaque de dissolution, alors que les parties proéminentes m, n, p, sont peu à peu dissoutes; une attaque de durée suffisante fera donc disparaître toute aspérité.

La forme et la position de la cathode par rapport à la pièce qui constitue l'anode ont une très grande importance dans les résultats.

Il est à noter que le polissage électrolytique efface les rayures fines laissées par le polissage mécanique qui l'a précédé et ne produit pas de couche de Beilby; c'est le métal même qui est vraiment à nu, après ce mode de polissage.

Cette méthode remarquable a été imaginée par M. Jacquet vers 1936 pour le polissage d'échantillons pour études de micrographie. La surface de l'objet à traiter est amenée préalablement à l'état de beau poli que donne déjà la

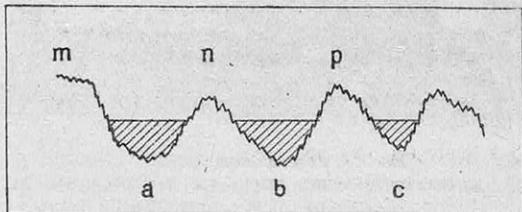


FIG. 15. — PRINCIPE DU POLISSAGE ÉLECTROLYTIQUE

Il se forme dans les creux a, b, c, un liquide visqueux qui protège le métal contre l'attaque de dissolution, alors que les parties proéminentes m, n, p, sont peu à peu dissoutes.

suite des opérations sur papier émeri jusqu'aux plus fins ; le polissage électrolytique remplace le polissage de finition sur disque de drap avec projection d'alumine en suspension dans l'eau dont nous avons parlé précédemment. La pièce est placée à l'anode d'un circuit ; l'électrolyte doit avoir une composition bien déterminée pour chaque nature de métal ou d'alliage (par exemple mélange d'acide perchlorique et d'acide acétique en solution dans l'eau) ; la tension et l'intensité du courant doivent être réglées et suivies pendant tout le temps de l'opération, qui dure 10 à 15 mn.

M. Jacquet a utilisé sa méthode pour le polissage industriel des pièces de petite surface (quelques centimètres carrés) ; divers chercheurs ont étudié, en France, en Angleterre, en Amérique, des variantes susceptibles de permettre le traitement d'objets importants et de formes très variées. Par ce nouveau procédé on a pu polir des pièces d'acier et d'aluminium à partir de l'état trempé et revenu, mais encore recouvertes de leur oxyde superficiel, telles que des miroirs paraboliques en aluminium de 5 à 6 cm de diamètre, de petits pignons d'horlogerie avec leurs axes ou pivots, des aiguilles avec leur chas parfaitement poli, etc. Le traitement est particulièrement rapide, 60 s ou un peu plus, selon la profondeur des rayures. Il semble que ce mode de polissage soit appelé à prendre une importance industrielle considérable.

### Oxydation anodique de l'aluminium

En réglant convenablement les conditions de l'opération, on produit sur les objets d'aluminium un dépôt adhérent d'alumine, qui a la propriété de protéger le métal sous-jacent contre des corrosions ultérieures par l'air humide, l'air marin, etc. Ce dépôt d'alumine peut être teinté par plongée dans la plupart des substances colorantes minérales ou organiques ; son épaisseur habituelle atteint 2 à 3 centièmes de millimètre et est obtenue en vingt à quarante minutes.

Le brillantage de l'aluminium par les *procédés électrolytiques Brytal* comprend en gros les étapes suivantes :

1° emploi d'un bain électrolytique fortement alcalin ; les pièces y sont plongées sans passage de courant électrique ; il y a une très vive attaque décapante ;

2° Après quelques secondes, et sans rien

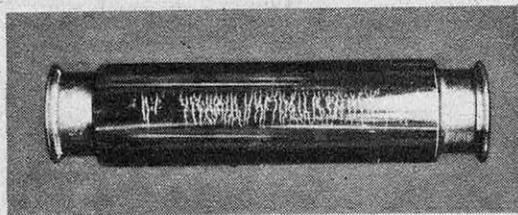


FIG. 16. — AXE DE PISTON SUR LEQUEL LES CRIQUES DE RECTIFICATION SONT MISES EN ÉVIDENCE PAR LE POLISSAGE ÉLECTROLYTIQUE

Le polissage électrolytique permet de contrôler l'état des surfaces en montrant le cheminement à l'intérieur du métal des piqûres de corrosion, invisibles après un polissage mécanique, et des criques de rectification, ainsi que les défauts d'origine structurale des pièces. Tous ces défauts influent fâcheusement sur la solidité des pièces : (Hispano-Suiza.)

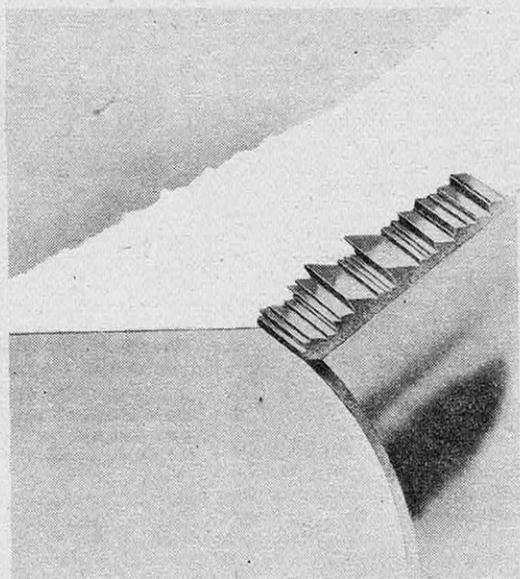


FIG. 17. — LE TRAITEMENT DES ÉPROUVETTES CYLINDRIQUES POUR EXAMEN MICROGRAPHIQUE DES SURFACES

Les éprouvettes d'acier sont recouvertes électrolytiquement d'un dépôt épais de cuivre ou de nickel, puis sectionnées suivant un plan parallèle à l'axe. Le dépôt est alors dissous à l'ammoniaque sur les bords de la coupe, laissant apparaître le profil avec une dilatation en hauteur des aspérités d'autant plus importantes que le plan de coupe est plus éloigné de l'axe. (Laboratoires Hispano-Suiza.)

toucher, on fait passer le courant, les pièces formant l'anode ; il y a oxydation anodique, c'est-à-dire formation d'une couche adhésive d'alumine ; elle n'empêche pas le métal sous-jacent, qui a pris un remarquable poli, d'exercer son pouvoir réfléchissant ;

3° Lavage, puis renforcement de la couche d'alumine par une deuxième attaque anodique, mais avec un électrolyte acide spécial ;

4° Traitement de finition.

Le *pouvoir réfléchissant* (c'est-à-dire le rapport du flux de lumière réfléchi au flux de lumière incidente) qui est de 73,1 pour l'aluminium poli à 99,9 %, est porté à 84,1 par ce procédé (le pouvoir réfléchissant de l'acier inoxydable et celui du laiton plaqué d'argent sont respectivement de 59,5 et 89,8).

### Nickelage, chromage, cadmiage, argenture, etc.

Les pièces à recouvrir sont, cette fois, mises à la cathode ; le sel électrolytique est un sel de nickel, de chrome, de cadmium, ou d'argent. Il faut des conditions bien déterminées pour obtenir soit des dépôts brillants et polis, soit des dépôts mats, et pour que ces dépôts soient adhérents, compacts, etc.

Pour avoir des pièces nickelées d'un très beau poli, on fait un avivage sur meule souple en coton avec des compositions abrasives à base de chaux de Vienne. L'épaisseur du revêtement de nickel est seulement de quelques millièmes de millimètre quand on envisage seulement un effet décoratif : elle est de 2 à 3 centièmes de milli-

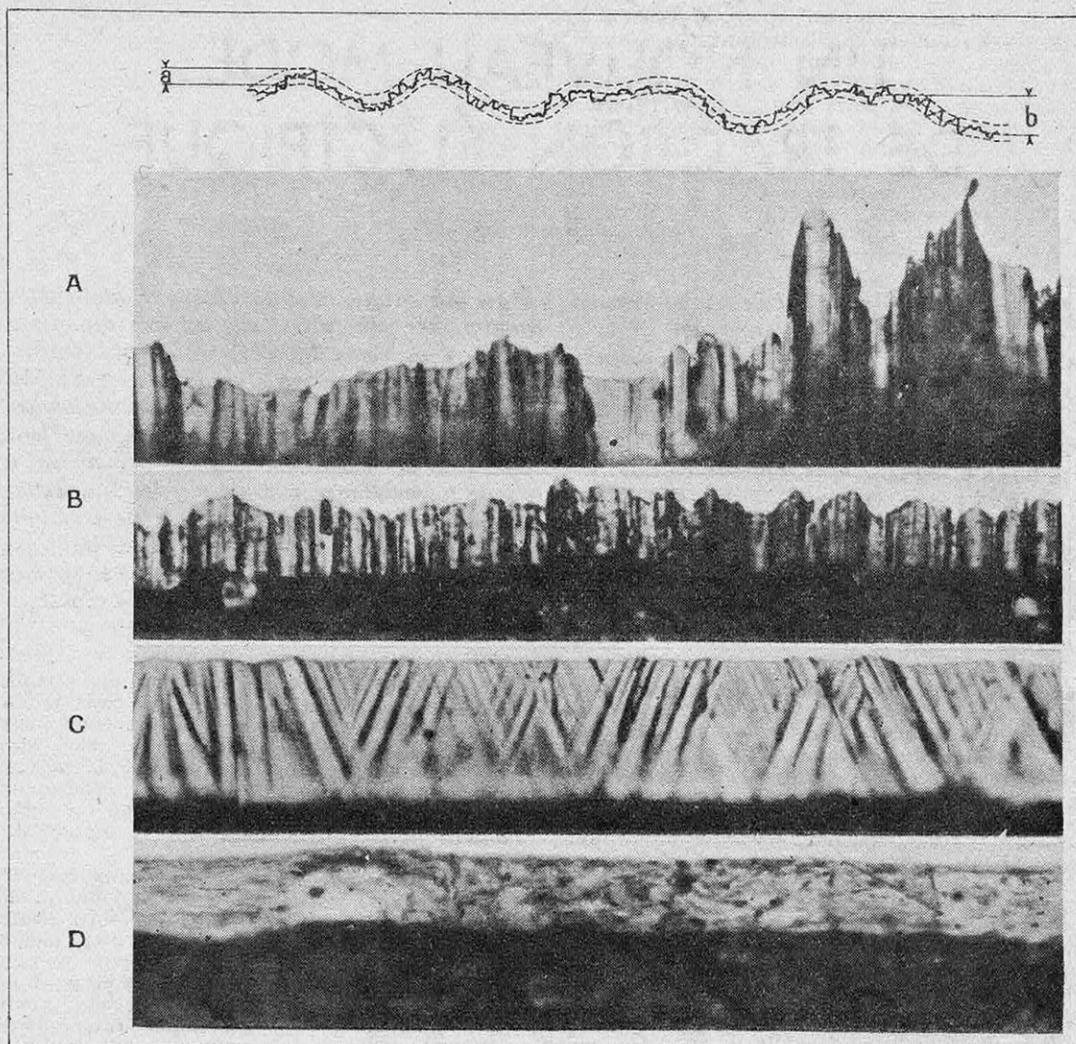


FIG. 18. — QUELQUES ASPECTS D'IRRÉGULARITÉS DE SURFACE

Le schéma du haut montre la signification des coefficients  $a$  et  $b$ , exprimés en microns. Les coupes suivantes sont photographiées sur des éprouvettes préparées par la méthode décrite par la figure 17; elles sont grossies 600 fois et, de plus, les ordonnées sont multipliées par 4 par suite de l'inclinaison du plan de coupe. — A: éprouvette acier-nickel-brome demi-dur trempé revenu après rectification grossière ( $a = 6,7$ ,  $b = 10$ ); — B: la même après rectification fine ( $a = 3$ ,  $b = 3,7$ ); — C: surface interne de cylindre rodé après rectification ( $a = 0,85$ ,  $b = 1,7$ ); — D: même surface que B après polissage électrolytique HS n° 1 ( $a = 0,0$ ,  $b = 1,0$ ). (Laboratoires Hispano-Suiza.)

mètre quand on recherche une bonne résistance à la corrosion.

### Les résultats obtenus

La rectification la plus fine laisse des irrégularités de surface (ondulations et aspérités) d'environ 2 à 3 microns d'épaisseur et déforme le réseau cristallin (couche de Beilby) sur une épaisseur d'environ 5 microns.

Le honing produit les mêmes effets, mais sur une épaisseur plus faible.

Le lapping, procédé de rodage à la main avec abrasif libre, après rectification fine, laisse des irrégularités de surface de 1 à 2 microns et provoque la formation d'une couche de Beilby de 1,5 micron d'épaisseur.

Le superfini mécanique ne laisse subsister que

des irrégularités de surface de 0,1 micron, avec couche de Beilby de 1,5 micron.

Enfin, le polissage électrolytique par attaque anodique ne laisse subsister que des ondulations de surface de 1 micron d'épaisseur, mais supprime toute aspérité ainsi que la couche de Beilby (fig. 18).

Si les méthodes de super finition mécanique ou électrolytique ne sont pas encore applicables industriellement à des pièces de formes et de dimensions quelconques, on voit par ce qui précède qu'elles doivent néanmoins acquérir une importance primordiale pour la fabrication de pièces mécaniques beaucoup plus résistantes à l'usure par frottement et aux trépidations que les pièces traitées par les méthodes habituelles.

J. SEIGLE

# UN NOUVEAU MODE DE TRACTION ÉLECTRIQUE

par Gilbert BLOCH

*L'énergie électrique, qui se transforme en énergie mécanique avec un excellent rendement, présente un gros inconvénient pour la traction des véhicules : elle est très difficile à emmagasiner, et l'on est obligé d'équiper l'itinéraire de ces véhicules, tramways, trains, trolleybus, d'importantes installations fixes : lignes aériennes ou rails conducteurs. Si l'on veut se libérer de cette servitude, la solution classique du véhicule électrique à accumulateurs est bien peu satisfaisante parce que les batteries sont encombrantes et lourdes, que leur recharge est longue et leur usure rapide. C'est pourquoi des techniciens suisses travaillent à mettre au point un procédé de stockage d'énergie sous forme d'énergie cinétique communiquée à un volant et restituée ensuite sous forme de courant électrique à un moteur de traction. Si l'énergie ainsi stockée n'est encore que cinq fois plus petite pour un même poids de l'installation, la « recharge » qui s'effectue en une minute, permet une exploitation d'une souplesse bien supérieure, ce qui compense dans une certaine mesure la diminution du rayon d'action.*

**D**ANS tous les domaines de la locomotion — à l'exception jusqu'à présent de la navigation aérienne — l'emploi des moteurs électriques jouit d'une faveur sans cesse accrue. Cependant, leur utilisation pour la propulsion d'un engin quelconque pose le problème préalable de leur alimentation en courant. Le véhicule peut posséder ses propres génératrices actionnées par des moteurs à combustion ou des turbines, mais les moteurs électriques eux-mêmes jouent alors simplement le rôle d'une « transmission » plus souple qu'une liaison purement mécanique (c'est ce qui se produit notamment sur la plupart des locomotives Diesel ou sur les navires à « transmission électrique ») ; ce cas mis à part, la traction électrique proprement dite exige le transport de batteries d'accumulateurs (sur les voitures électriques, par exemple) ou, ce qui est le procédé le plus fréquent, une liaison constante avec une ligne extérieure de transport de force, le contact étant assuré par des dispositifs divers : pantographes des locomotives électriques, patins des automotrices du métro ou des lignes de banlieue, « perches » des tramways et des trolleybus, etc. Les études et les essais qui se poursuivent actuellement en Suisse, aux Ateliers de construction Erlikon, permettent de faire dès maintenant état d'un nouveau système basé sur l'accumulation d'énergie cinétique dans un volant et utilisable à peu de frais sur de courtes distances.

## Le principe de l'accumulateur d'énergie cinétique

Supposons qu'un volant, c'est-à-dire une roue de masse et de diamètre relativement considérables, soit calé sur l'arbre d'un moteur électrique ; lorsque celui-ci tourne, le volant emmagasine une certaine quantité d'énergie cinétique de rotation. Si l'on coupe le courant électrique alimentant le moteur, le rotor de celui-ci

va continuer à tourner pendant un certain temps, entraîné par le volant qui restitue au cours de cette période l'énergie précédemment « stockée ». Durant cette opération, selon une propriété de réversibilité bien connue, le moteur électrique va fonctionner comme générateur et le courant produit pourra actionner un autre moteur, utilisé directement comme moteur de traction.

L'énergie susceptible d'être emmagasinée par un volant est-elle suffisante pour qu'on puisse *a priori* considérer l'appareil ainsi décrit comme digne d'intérêt ? Dans le cas d'un volant dont la masse de 1 000 kg est répartie sur une circonférence de 1,5 m de diamètre et dont la vitesse de rotation est de 50 tours/s, un calcul simple montre que l'énergie « mise en réserve » est très supérieure à 2 millions de kilogrammètres (1) ; en supposant l'appareil monté sur un véhicule de 20 t dont la résistance à l'avancement est de 5 kg par tonne, soit 100 kg au total, cette énergie serait théoriquement suffisante — même en considérant qu'il est impossible de la récupérer entièrement — pour assurer un parcours d'une vingtaine de kilomètres. Cette distance n'est évidemment pas considérable, mais, en regard d'inconvénients tels que la faiblesse de son rayon d'action et la nécessité de « recharges » fréquentes (plusieurs à l'heure en régime d'utilisation), un véhicule ainsi équipé présente des avantages qui sont loin d'être négligeables : alors que la traction électrique exige l'emploi de courants continus ou alternatifs de caractéristiques spéciales, c'est le courant-force employé par l'industrie et disponible pratiquement partout qui sera utilisé pour le « lancement » du volant ; en outre, la « charge » se faisant à

(1) Dans une batterie d'accumulateurs telle que celles employées sur les camions électriques, on peut mettre en réserve environ 25 kWh, soit près de 10 millions de kilogrammètres par tonne d'accus, mais le temps nécessaire à la recharge est de dix heures.

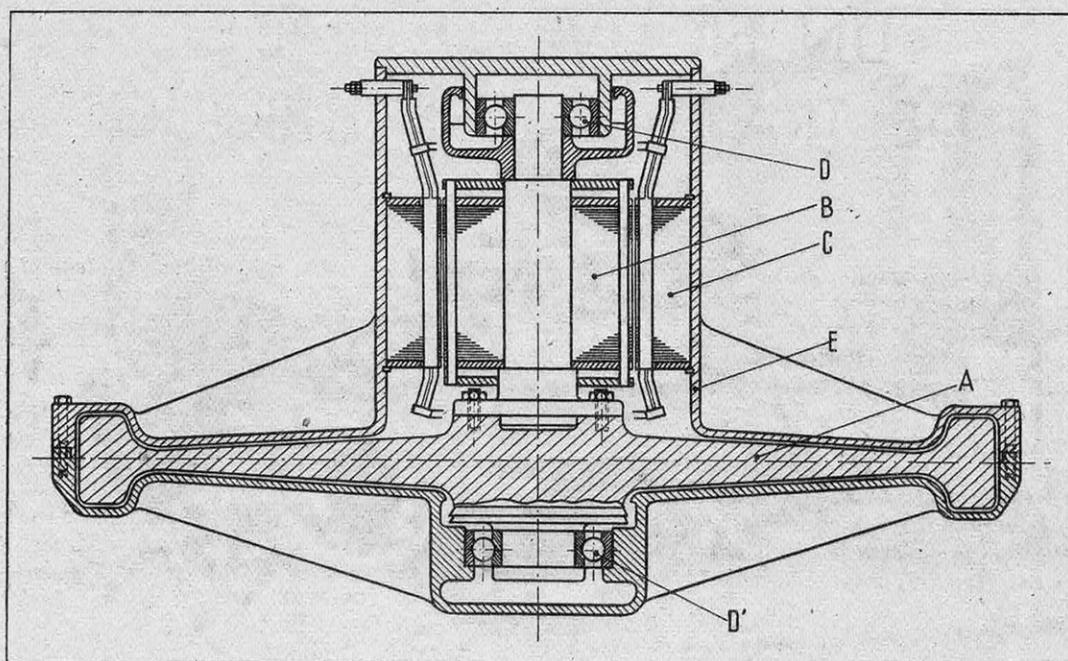


FIG. 1. — COUPE DE L'ÉLECTROGYRO

A, volant en acier au chrome-nickel ; — B, rotor du moteur de lancement ; — C, stator du moteur de lancement ; — D, D', roulements à billes ; — E, carter rempli d'hydrogène.

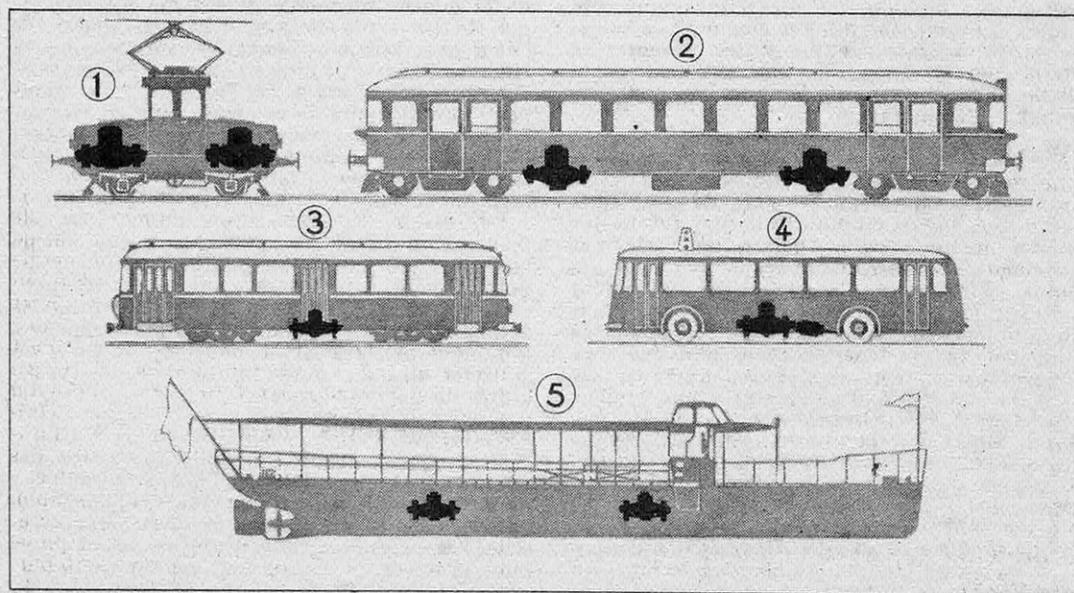


FIG. 2. — PROJETS DE VÉHICULES ACTIONNÉS PAR ÉLECTROGYRO

En 1 : Locotracteur de 18 t environ ; dans le cas de l'utilisation sur les lignes de manœuvre non électrifiées d'un réseau aménagé pour la traction électrique, un pantographe permet la « recharge » à partir de la caténaire qui surmonte les lignes principales ; la capacité de transport est d'environ 600 tonnes-kilomètre par charge. En 2 : Autorail de 40 t pour le trafic de banlieue (rayon d'action : 15 km par charge). En 3 : Tramway de 20 t (rayon d'action : 20 km par charge sur voie en bon état). En 4 : « Gyrobus ». En 5 : Bateau pour le trafic sur les lacs (rayon d'action : 10 km par charge).

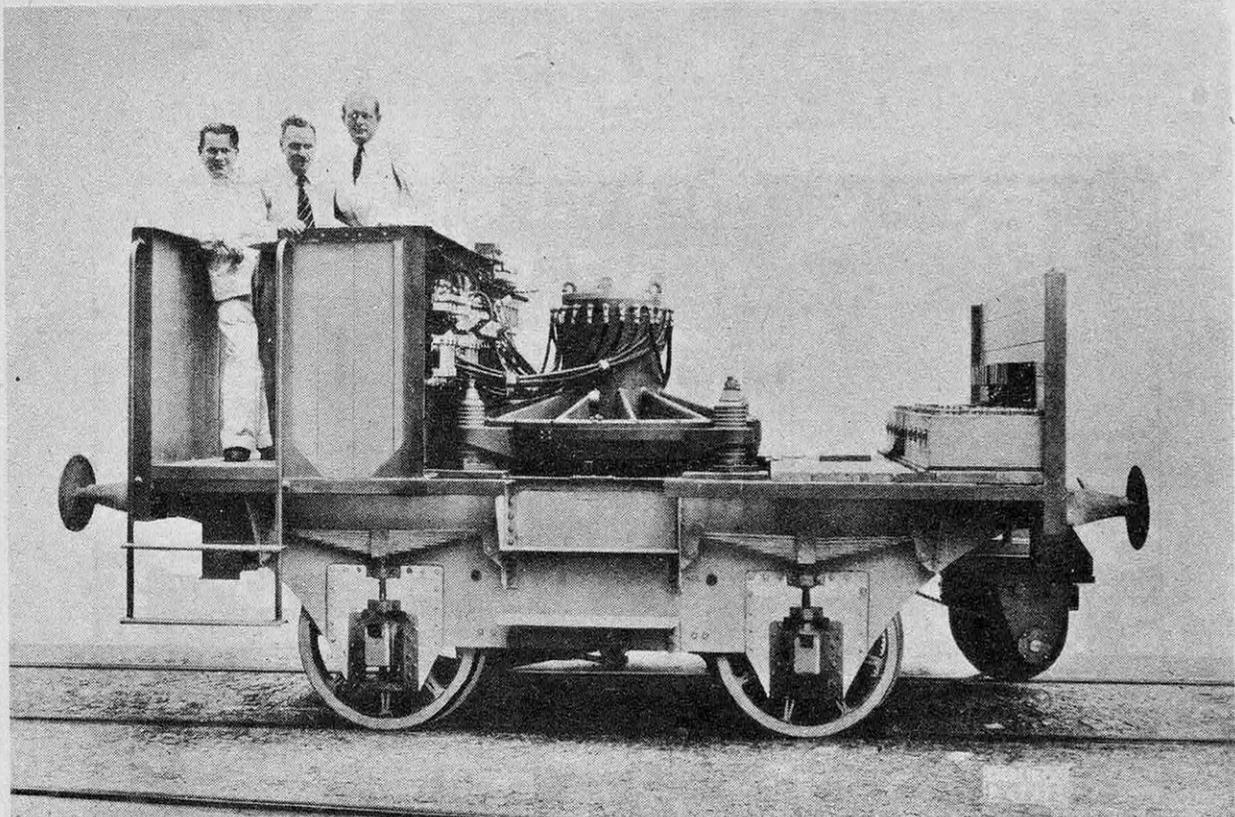


FIG. 3. — L'ÉLECTROGYRO MONTÉ SUR LE VÉHICULE D'ESSAI SUR VOIE FERRÉE

A l'avant (à droite), sous la plate-forme, on distingue le moteur électrique de traction alimenté par l'électrogyro.

l'arrêt du véhicule, par l'intermédiaire d'une simple prise, les frais de construction d'une « caténaire » ou d'un rail de contact sont supprimés. On comprend dès lors que, pour certaines tâches, ce mode de traction puisse présenter un intérêt non seulement à titre purement scientifique, mais encore sous le strict point de vue des frais d'exploitation.

### L'électrogyro

La réalisation pratique d'une machine de ce genre posait un certain nombre de problèmes dont le plus important était de limiter autant que possible les inévitables pertes d'énergie par frottement. Dans l'appareil réalisé par Œrlikon, nommé *Electrogyro*, l'axe vertical supportant la lourde masse constituée par le volant et le rotor du moteur repose sur des roulements à billes dont la construction et le graissage ont été particulièrement soignés; l'ensemble est placé à l'intérieur d'un carter étanche dans lequel l'air a été remplacé par de l'hydrogène dont la légèreté et la conductibilité calorifique permettent un meilleur refroidissement du moteur et une réduction accrue des frottements (fig. 1); les résultats obtenus dans ce domaine sont tels que, sur le modèle d'essai, lorsque aucune énergie n'est demandée à l'appareil, c'est-à-dire lorsque le volant et le rotor du moteur tournent « libres », l'arrêt complet ne survient qu'après plus de dix heures de rotation.

Utilisant le courant triphasé à 50 périodes, sous une tension de 220 volts, tel qu'il est distribué partout pour les usages industriels, le moteur asynchrone sur l'axe duquel est calé le volant permet de « lancer » celui-ci en quelques minutes à la vitesse de 3 000 tours/mn. Si l'on

prend pour règle, en service normal, de ne pas laisser tomber la vitesse du volant au-dessous de la moitié du chiffre précédemment cité (ce qui revient à n'utiliser que les trois quarts de l'énergie cinétique accumulée sur le volant), chaque recharge ne dure qu'une minute environ. Quand le volant est lancé, l'excitation du stator par l'intermédiaire de condensateurs transforme le moteur en générateur fournissant au moteur de traction le courant nécessaire à son fonctionnement. Divers dispositifs permettent un réglage constant de la puissance et de la vitesse.

Les essais effectués depuis juillet 1946, en montant un *électrogyro* sur le châssis d'un ancien locotracteur électrique de manœuvre (fig. 3) ont donné pleine satisfaction: sur un trajet plat, en traînant deux wagons de marchandises, le véhicule parcourt plus de 15 km par « charge », le facteur de puissance dépassant 0,8. On a pu se livrer ainsi à l'étude approfondie des possibilités du nouvel appareil.

### Les possibilités d'emploi

Le champ d'activité qui s'offre à l'*électrogyro* est assez nettement délimité: même en couplant plusieurs appareils sur un seul véhicule, les parcours longs ou accidentés, les fortes puissances et les grandes vitesses lui resteront interdites. Par contre, il apparaît que son montage sur les moyens de locomotion utilisés pour les trajets très courts (de l'ordre d'une dizaine de kilomètres) et pour des usages n'exigeant pas de gros efforts de traction puisse être valablement envisagé. L'*électrogyro* est apte à équiper les locotraceurs utilisés dans les gares et, même, là où la traction électrique existe déjà, on pourrait l'utiliser pour le service sur certaines

voies de manœuvre (1) ou sur les embranchements desservant les entreprises industrielles, en bref partout où l'installation d'une caténaire entraîne des frais disproportionnés au trafic assuré ; un pantographe permettrait d'utiliser pour les recharges le courant de la caténaire qui surmonte les lignes principales ; la capacité de transport d'un tel locotracteur serait d'environ 600 tonnes-km par charge. On peut, d'autre part, envisager de l'utiliser pour équiper des autorails légers destinés aux liaisons à petite distance, la recharge s'opérant à chaque extrémité du parcours ou, le cas échéant, à chaque station : un projet d'autorail de 40 t, muni de deux *électrogyros* lui assurant un rayon d'action de

(1) En Suisse, pays où la traction électrique a atteint le plus haut degré de développement, les voies de manœuvre sont loin d'être électrifiées en totalité, et les locotransports électriques empruntant normalement l'énergie à la caténaire transportent une batterie d'accumulateurs qui leur permet de rouler sur toute l'étendue du réseau.

15 km par charge a déjà été établi. Par ailleurs la réalisation de tramways actionnés de manière analogue n'offre pas de difficultés (fig. 2).

Sur route, bien que les efforts à fournir soient plus considérables que sur rail, des « gyrobus » pourraient, sur certains trajets, remplacer les trolleybus et disposeraient de facilités de circulation plus grandes que ces derniers, par suite de l'absence de toute liaison avec une ligne extérieure de transport de force.

Une autre application encore envisagée est l'équipement d'un bateau destiné au trafic sur les lacs : un tel navire aurait, avec une vitesse de 18 km/h, un rayon d'action de 10 à 12 km sans recharge.

Signalons enfin que les moyens de locomotion munis de l'*électrogyro* seraient absolument silencieux ; les vibrations y seraient inconnues et ils jouiraient d'une stabilité particulièrement élevée, le lourd volant à axe vertical jouant le rôle de gyroscope.

G. BLOCH

Le *National Physical Laboratory*, en Angleterre, effectue actuellement des essais systématiques sur modèles réduits pour la mise au point des projets concernant le grand pont routier suspendu qui doit être édifié sur la rivière Severn, entre Beachley et Aust. La travée centrale de ce pont doit avoir 900 m environ, ce sera donc la plus longue d'Europe et la troisième du monde. La longueur totale de l'ouvrage, y compris les routes d'approche des deux côtés de l'estuaire de la Severn et un pont sur l'embouchure de la rivière Wye, doit être approximativement de 15 km. La navigation maritime sur le Severn doit passer sous l'arche centrale principale dont le tablier doit se trouver à 36 m au-dessus du niveau des hautes eaux en son centre et à 33 m aux points d'appui aux pylônes qui supportent les câbles de suspension. Le coût du projet était estimé en 1946 à 7,5 millions de livres, soit 3 milliards 600 millions de francs.

Les études sur modèles réduits au centième, longs de 15,60 m, ont lieu dans une grande soufflerie construite spécialement par le ministère des Transports. On doit pouvoir y reproduire les effets d'un vent de tempête de 250 km/h et pouvoir prendre ainsi les mesures nécessaires pour éliminer tout risque de vibrations qui, prenant naissance sous l'action du vent et s'amplifiant, compromettraient la solidité des assises de l'édifice. Plusieurs ponts suspendus ont été dans le passé victimes de ce phénomène, par exemple le premier pont sur le détroit de Menai, entre l'île d'Anglesey et le Pays de Galles, qui fut détruit par le vent. L'étude des oscillations des ponts d'origine aérodynamique n'a cependant été entreprise sérieusement qu'à partir de 1940, lorsque la travée de 840 m du pont suspendu de Tacoma, aux États-Unis, s'effondra, le 7 novembre de cette année, sous les contraintes résultant des vibrations de torsion provoquées par le vent. Des recherches très poussées furent alors conduites en Amérique, grâce surtout à une soufflerie de 30 m construite à Seattle par l'Université de Washington, permettant d'étudier des ponts entiers sur modèles réduits au centième.

Deux méthodes expérimentales sont mises en œuvre pour le pont sur la Severn (1) Dans la première, on fait passer en soufflerie des modèles rigides représentant des éléments de la construction, susceptibles d'osciller dans des directions appropriées. On possède ainsi rapidement les indications nécessaires sur les meilleures formes à donner à ces éléments pour obtenir une bonne stabilité. C'est en utilisant ces premiers résultats que l'on établit des réductions au centième des divers modèles de ponts envisagés, entre lesquels se fera le choix définitif d'après les essais en soufflerie de ces ponts entiers.

(1) *Discovery*, juillet 1947.

# PEUT-ON « FAIRE PLEUVOIR » ?

par Jean FRANCIS

*Les agriculteurs de tous pays et de tous temps ont éprouvé le désir de modifier les conditions atmosphériques, trop capricieuses à leur gré, dans un sens favorable à la végétation. C'est surtout « provoquer la pluie » qui a toujours été une de leurs préoccupations dominantes, car la sécheresse est l'ennemie « numéro un » des cultures. Mais on ne peut dire que les pratiques magiques ou religieuses, qui ont seules été utilisées jusqu'à présent pour influencer le temps, aient jamais permis d'obtenir des résultats tangibles de façon régulière et certaine. Il serait donc grand temps que l'on recourût à des méthodes scientifiques pour tenter de régulariser les phénomènes météorologiques, en particulier pour combattre la sécheresse. C'est ce dont on s'avise depuis quelque temps dans les pays qui ont le plus à souffrir de l'irrégularité des pluies, et des résultats prometteurs ont déjà pu être enregistrés dans ce sens, tant en Australie qu'aux États-Unis.*

## Pluie naturelle et pluie provoquée

**P**OUR « faire pleuvoir », il faut d'abord savoir « comment il pleut ». Comment, en effet, nous rendrions-nous maîtres d'une force de la nature sans pénétrer au préalable le mécanisme intime des processus auxquels elle participe ?

Malheureusement, la science dont relève le phénomène de la pluie se trouve très en retard sur le niveau général de nos connaissances. Les facteurs qui interviennent en météorologie sont en effet d'une telle complexité qu'ils échappent encore en grande partie à l'analyse.

Pour ce qui est de la pluie, en particulier, on ne possède encore aucune théorie qui rende pleinement compte des faits. L'explication la plus satisfaisante qui ait été donnée jusqu'ici de ce phénomène semble être celle proposée il y a une quinzaine d'années par le Suédois Bergerson. Elle renferme selon toute vraisemblance une part importante de vérité, et c'est sur elle que l'on peut se fonder avec le maximum de confiance.

Cette théorie est fondée sur le fait que la pluie vient toujours de nuages contenant à la fois des gouttelettes d'eau et des microcristaux de glace dans leur partie supérieure. Lorsqu'il fait suffisamment froid, la vapeur ambiante sursaturée se condenserait sur les cristaux de glace, ce qui rendrait l'atmosphère trop sèche pour que les gouttelettes d'eau puissent subsister et provoquerait leur vaporisation. La nouvelle vapeur ainsi formée se condenserait à son tour sur les cristaux de glace, qui grossiraient ainsi peu à peu jusqu'à devenir de véritables flocons de neige suffisamment lourds pour être entraînés vers le sol par gravité.

Au cours de leur chute à l'intérieur du nuage, ces flocons franchiraient le plafond de 0° C, fondraient et donneraient ainsi naissance aux gouttes de pluie. Celles-ci incorporeraient alors les gouttelettes qu'elles rencontreraient sur leur passage à travers les couches inférieures du nuage, ce qui les fortifierait suffisamment pour qu'elles puissent atteindre le sol malgré l'évaporation à laquelle elles sont soumises en traversant la zone sèche qui s'étend de la base du nuage jusqu'au sol.

Si de nombreux nuages ne se résolvent pas en pluie, placés dans les mêmes conditions où d'autres le font, ce serait parce qu'ils ne contiendraient pas de microcristaux de glace — bien que leur température soit souvent inférieure à 0° C. Dans ces conditions, on conçoit qu'il suffirait, pour déclencher la pluie, de « semer » dans ces nuages de petits cristaux de glace qui serviraient de germes pour la condensation de la vapeur sursaturée.

Or on sait que de tels cristaux apparaissent dans l'air lorsqu'on le refroidit très rapidement à très basse température. Cela se produit en particulier lorsque l'air est mis brusquement en contact avec une substance très froide, telle que la *neige carbonique* (dont la température est voisine de — 80° C). D'où l'idée de provoquer la résolution de certains nuages en pluie par le moyen de neige carbonique répandue par avion à leur partie supérieure : des millions de petits cristaux de glace naîtraient du contact de la vapeur d'eau avec cette substance, et chacun pourra donner un flocon de neige, puis une goutte de pluie.

Théoriquement, quelques grammes de neige carbonique doivent suffire à faire tomber la pluie sur une étendue de plusieurs kilomètres carrés. Mais, en pratique, la concurrence entre les cristaux empêchera un grand nombre d'entre eux de se développer. Le nombre de ceux qui pourront croître dépend de la nature du nuage ensemené, en particulier de son degré d'humidité, de sa température, de sa turbulence, etc. C'est la valeur de ces divers facteurs qui déterminera, pour chaque nuage, la possibilité ou l'impossibilité d'être résolu en pluie par ce procédé.

La neige carbonique n'est évidemment pas la seule substance utilisable. L'*air liquide*, qui a été proposé, serait probablement moins commode et plus coûteux, mais il permettrait de provoquer des refroidissements plus intenses, peut-être nécessaires pour certains nuages. On pourrait aussi semer des cristaux de substances diverses isomorphes de la glace, au lieu de faire naître des cristaux de glace par refroidissement, pourvu qu'ils aient exactement la même forme que ceux-ci. Les molécules de vapeur s'y condenseraient tout aussi bien.

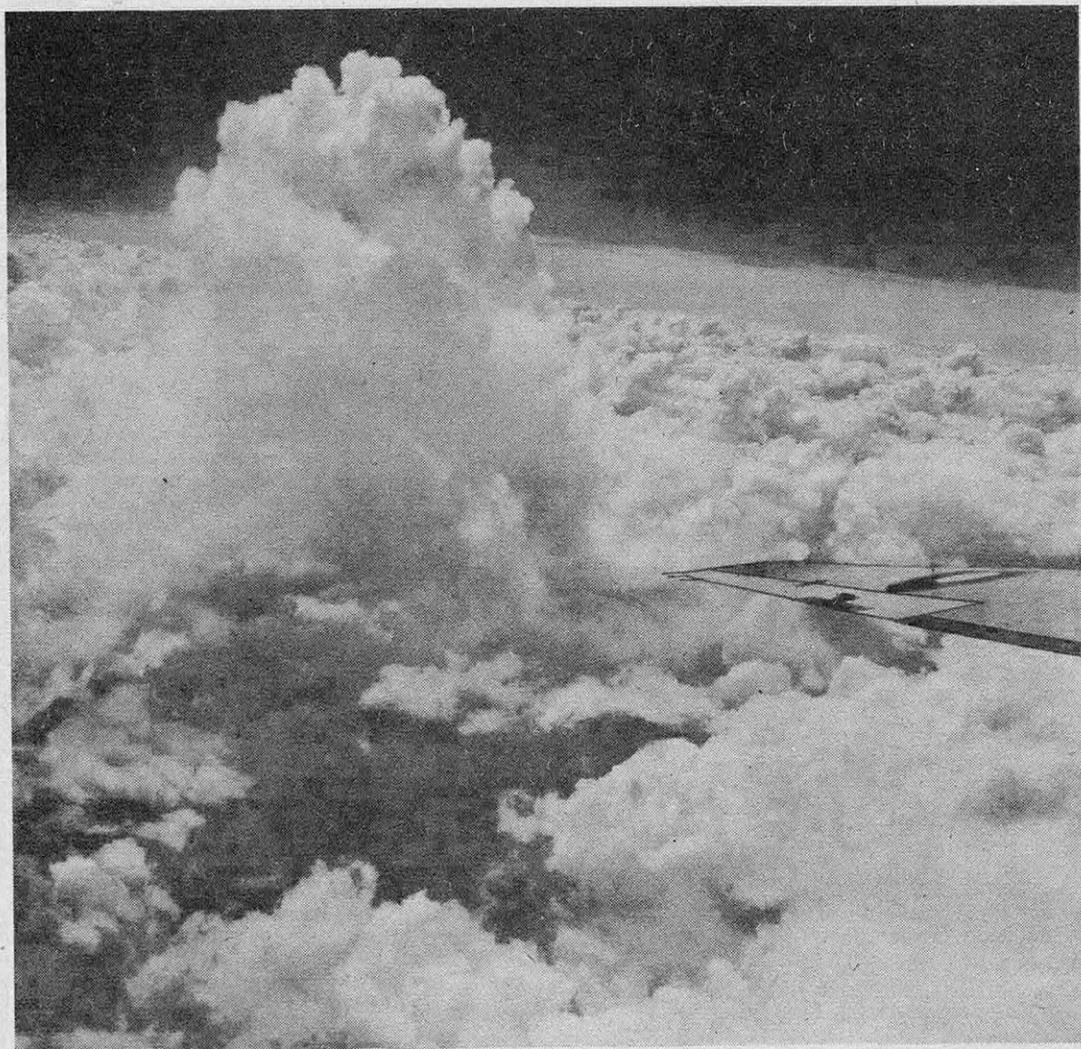


FIG. 1. — FORMATION NUAGEUSE EN FORME DE CHAMPIGNON PROVOQUÉE PAR L'ARROSAGE DE CUMULUS PAR LA NEIGE CARBONIQUE

*Cette photographie a été prise au cours des essais qui ont eu lieu en Nouvelle-Galles du Sud (Australie) sous la direction de la Radiophysics Division du Council for Scientific and Industrial Research. De la neige carbonique semée par un avion, dont on aperçoit l'aile à droite, sur un banc de cumulus a provoqué cette curieuse formation nuageuse en forme de champignon, suivie d'une chute de pluie sur le sol au-dessous du nuage.*

### Premières tentatives

C'est en Australie et aux États-Unis, deux pays dont de vastes régions sont particulièrement intéressées à résoudre le problème de la sécheresse, qu'ont lieu les premiers essais pratiques en vue de provoquer la pluie. Ces essais requièrent pour le moment des conditions atmosphériques très particulières, comportant notamment la présence de *cumulus* massifs ayant leur base vers 3 000 m et leur sommet vers 7 000 m d'altitude. La température doit être de  $-10$  à  $-12^{\circ}$  C, nettement inférieure par conséquent au point de congélation de l'eau.

Les expériences menées aux alentours de Sydney (Nouvelle-Galles du Sud) consistent à

jeter, d'un avion volant juste au-dessus d'un nuage soigneusement choisi, 100 à 150 kg de neige carbonique pulvérisée. Des postes radar installés au sol et sur l'avion et capables de détecter toute formation de pluie dans le voisinage du lieu d'expérience surveillent étroitement le nuage-cobaye. Quelques minutes après le lâcher de la neige carbonique, on observe la formation de pluie à l'intérieur du nuage. Environ quinze minutes plus tard, on voit cette pluie sortir de la base du nuage et tomber vers le sol.

Il était certes possible, les premières fois, de douter que ce résultat ait bien été dû à la neige carbonique, car la pluie aurait pu se déclencher spontanément. Mais la constance de l'effet au cours des nombreux essais qui ont déjà été ten-

tés à ce jour montre indubitablement sa relation avec la cause qui le provoque.

Au cours de certaines de ces expériences, un phénomène secondaire, aussi curieux que spectaculaire, a pu être observé : avant que la pluie commençât à tomber, le nuage s'élevait rapidement à une altitude de 10 000 à 13 000 m en prenant une forme caractéristique de champignon. Cet effet est vraisemblablement dû à la chaleur dégagée par la cristallisation de la glace : l'air, légèrement échauffé, provoquerait un courant ascendant semblable à celui qu'on observe dans la formation rapide des nuages orageux.

Des essais analogues sont accomplis aux États-Unis par Langmuir, le célèbre spécialiste de la physique moléculaire, et ses collaborateurs Schaefer et Vonnegut. C'est aussi la neige carbonique qu'ils utilisent, mais, aux dernières nouvelles, ils essaieraient également de semer des microcristaux d'iode d'argent comme germes devant amorcer la condensation de la vapeur d'eau. Les expériences sont réalisées en collaboration par la General Electric et le Génie Militaire (Army Signal Corps).

A la suite de ces expériences, des avions ont provoqué des averses artificielles sur plusieurs points des États-Unis privés de pluie depuis plusieurs semaines, notamment sur Richmond et sur Chicago, en jetant à diverses altitudes des quantités de neige carbonique variant de 25 à 75 kg. En Bavière également, où la sécheresse compromettrait gravement les récoltes, les aviateurs américains ont provoqué une pluie de quarante-cinq minutes.

### Perspectives d'avenir

S'il est possible, dès à présent, de faire tomber de la pluie de certains nuages bien définis et se trouvant dans des conditions déterminées (cumulus massifs dépassant en altitude l'isotherme de 0° C), il est par contre encore difficile de prévoir dans quelle mesure ce résultat sera susceptible d'applications pratiques.

La sécheresse qui règne de façon chronique ou passagère sur certaines contrées n'est généralement pas due à l'absence totale de nuages de leur ciel, mais bien plutôt au fait que les nuages traversent ces pays sans s'y condenser. Mais dans quelle mesure ces nuages appartiennent-ils au type que l'on sait « faire pleuvoir » ? C'est ce que des recherches méthodiques et prolongées devront établir avant que l'on puisse se prononcer sur l'utilité pratique du procédé à la neige carbonique.

L'application de ce procédé soulèvera de plus des problèmes extrêmement délicats à résoudre, car, si l'on condense certains nuages en un autre lieu que celui où ils se seraient résolus naturellement, les habitants de ce dernier pays pourront se trouver lésés, et des querelles interrégionales ou même internationales pourront surgir. On conçoit donc que seul un organisme international compétent puisse être qualifié pour autoriser tel ou tel pays à déclencher des pluies artificielles sur son territoire. Il faudra même probablement établir un véritable plan de répartition des nuages — du moins pour les contrées dont la souveraineté est partagée entre plusieurs nations.

Quant à savoir si la pluie artificielle est économique ou non, les avis sont très divisés. Un professeur australien estime que le coût serait prohibitif, même à raison de un penny la livre de neige carbonique (environ 4 francs le kilogramme), en raison des quantités énormes de matière et d'énergie à mettre en jeu. Par contre,

le Dr Kraus, un des plus éminents spécialistes de la question, est d'avis que la *métastabilité* des équilibres atmosphériques ne nécessite, pour être rompue, que des apports matériels ou énergétiques très limités, voire insignifiants en comparaison des quantités de matière et d'énergie mises en jeu. De même qu'il suffit parfois d'une boule de neige ou d'un caillou pour déclencher une avalanche ou un éboulement, quelques centaines de kilogrammes de neige carbonique lancés au bon moment et au bon endroit pourraient déclencher des pluies importantes sur de vastes étendues.

### Comment éviter la grêle et disperser le brouillard

« Faire pleuvoir » n'est pas le seul objectif qu'il serait souhaitable d'atteindre pour améliorer les conditions atmosphériques. Éviter la grêle serait également très utile et permettrait de sauver chaque année des milliers de tonnes de récoltes. Il y a une quarantaine d'années, de nombreux essais ont été tentés en vue d'empêcher la grêle en tirant des projectiles explosifs en direction des nuages menaçants (1). Cette méthode a même été assez longtemps à la mode quoique son efficacité n'ait jamais pu être démontrée : quand il ne grêlait pas, on pouvait toujours prétendre que c'était à cause du canon, et, quand il grêlait, que c'était à cause d'une fausse manœuvre.

Mais l'échec du canon anti-grêle ne signifie pas qu'on doive renoncer à lutter contre ce fléau. Certaines déclarations de Langmuir laissent même prévoir que le procédé à la neige carbonique sera prochainement utilisé à cet effet, car les nuages dont tombe la grêle semblent pouvoir, dans de nombreux cas, être résolus artificiellement en pluie.

Il est enfin un phénomène atmosphérique d'un tout autre ordre contre lequel on a cherché à lutter au cours des dernières années : le *brouillard*. Des systèmes coûteux utilisant du pétrole enflammé ont été expérimentés pour dégager les aérodromes (2). Les ultrasons ont aussi été essayés. Mais ici encore c'est peut-être l'emploi de la neige carbonique qui donnera la solution du problème : Schaefer n'a-t-il pas, l'hiver dernier, réussi à tracer son chemin dans un épais brouillard en agitant au-dessus de sa tête une corbeille pleine de neige carbonique ?

Mais, pour cette application, un autre procédé récemment découvert semble également pouvoir donner d'excellents résultats : il s'agit de répandre, d'un avion volant à basse altitude, du chlorure de calcium anhydre, qui est un produit puissamment hygroscopique. L'efficacité de cette méthode a été éprouvée récemment sur l'aérodrome de San Francisco, et on envisagerait de généraliser son emploi.

Ainsi la lutte pour la maîtrise scientifique des intempéries entre-t-elle dans une phase active. Des résultats partiels sont déjà acquis, sur lesquels il est légitime de fonder de sérieux espoirs. C'est le progrès de la science météorologique qui conditionnera en définitive le succès des entreprises.

J. FRANCIS

(1) En France, dans la vallée du Rhône et plus particulièrement pour la protection des vignobles du Beaujolais, des essais ont été effectués avec succès pour l'attaque de nuages à grêle à la bombe d'avion (voir *Science et Vie*, n° 248, février 1938).

(2) Voir « Plus de brouillard sur les aérodromes » (*Science et Vie*, n° 333, juin 1945).

# A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

## VERRONS-NOUS LA GUERRE DES STERNUTATOIRES ?

Dès la fin de 1939, des recherches ont été entreprises, à Cambridge, par les professeurs Mac Combie, Saunders et sept de leurs collaborateurs, en vue de préparer des gaz de combat vésicants, mais qui ne fussent pas toxiques. On sait que, à la fin de la première guerre mondiale, les Allemands ont employé des arsines vésicantes, extrêmement toxiques, sous la forme d'aérosols qui traversaient tous les filtres des masques respiratoires alors en usage chez leurs adversaires. Il n'en serait plus de même aujourd'hui, car on a préparé des filtres qui retiennent les aérosols les plus ténus et on connaît depuis peu un parfait antidote des composés arsenicaux ; c'est le B. A. L. des Anglais (British Anti-Lewisite) ; la lewisite est l'arsine que les Anglais avaient préparée en 1918 pour riposter aux arsines des Allemands.

Quoi qu'il en soit, les recherches des savants anglais conduisirent à la découverte, non pas de nouveaux gaz ou aérosols vésicants, mais à celle de sternutatoires. Ils dérivent du plomb tétraéthyle utilisé comme antidétonant avec les carburants des moteurs à explosion, ou de composés organo-plombiques du même type, et ils sont nombreux.

Ce sont les dérivés du plomb tripropyle qui sont les plus puissants. Comme gaz de combat, ces corps sont très supérieurs aux arsines en ce sens qu'ils mettent l'adversaire hors de combat aussitôt après l'inhalation. Ainsi, il suffit qu'ils soient présents dans l'air à une concentration, qui varie entre 1/25 000 et 1/1 000 000 selon les composés, pour provoquer immédiatement des éternuements d'abord fréquents et incoercibles, mais qui s'espacent et s'atténuent pour disparaître au bout de cinq à huit heures, selon les sujets, et

sans laisser d'autre trace qu'une grande fatigue et un état d'hébétément qui disparaissent à leur tour. L'évacuation sur un hôpital ne s'impose pas.

Jusqu'à présent on n'a pas trouvé d'application pacifique à ces singuliers composés.

## L'ÉCLAIRAGE DES AÉRODROMES

L'atterrissage par temps brumeux pose des problèmes délicats, qui sont généralement résolus par l'emploi du radar (1). La dispersion du

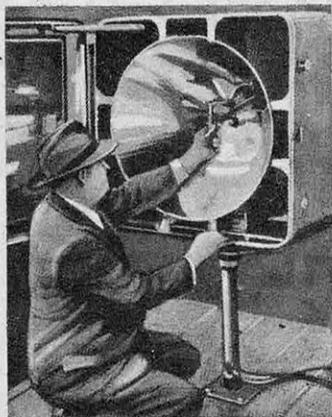


FIG. 1. — LA NOUVELLE LAMPE AU KRYPTON POUR L'ÉQUIPEMENT DES AÉRODROMES

brouillard par des agents physico-chimiques peut également être envisagée dans certains cas (2). Une troisième solution, récemment expérimentée aux États-Unis, consiste enfin à éclairer les pistes d'atterrissage au moyen de lampes spéciales d'une puissance suffisante pour être aperçues à travers le brouillard, même en plein jour.

(1) Voir : « L'atterrissage dans la brume » (*Science et Vie*, n° 356, mai 1947, p. 223).

(2) Voir : « Plus de brouillard sur les aérodromes » (*Science et Vie*, n° 333, juin 1945, p. 255).

De telles ampoules sont réalisées depuis quelques mois par deux compagnies américaines d'équipement électrique. Ce sont des tubes de quartz de 10 cm de long contenant du krypton et donnant une brillance de près de 200 000 bougies par centimètre carré (fig. 1). Grâce à des réflecteurs et des lentilles, l'intensité lumineuse utile de ces lampes est portée à 3,3 milliards de bougies.

Les lampes signalisatrices au krypton sont disposées au nombre de 36 sur une ligne d'un km de long, alternant avec 36 lampes au néon. On les allume l'une après l'autre 40 fois par minute, de façon à dessiner une flèche verte, qui apparaît au pilote à la manière d'un éclair et le guide vers la piste d'atterrissage voulue. Si celle-ci est occupée, c'est au contraire une flèche rouge qui apparaît.

La lumière des lampes au krypton peut être perçue à travers brouillard, neige et pluie. Elle apporte une utile contribution à la solution du problème de l'atterrissage sans visibilité.

## CURIOSITÉS DE L'ARCTIQUE

Les températures extrêmement basses qui règnent dans les régions arctiques modifient complètement les conditions dans lesquelles fonctionnent les organes des sens. A des températures de l'ordre de 50 ou 60° C au-dessous de zéro, la portée de transmission des sons dans l'air se trouve ainsi considérablement accrue. Selon l'explorateur norvégien Vilkjalmur Stefanson, une conversation ordinaire peut être entendue à 1 km de distance, le pas d'un homme à 3 km, et l'aboiement de chiens jusqu'à près de 20 km.

La visibilité augmente également aux basses températures dans la mesure où elle n'est pas entravée par la condensation de la vapeur

d'eau atmosphérique. Les montagnes vues à distance n'ont plus la couleur violacée ni le contour indistinct que nous leur connaissons habituellement.

Un autre effet du froid est de diminuer considérablement la tension de vapeur de l'eau. La vapeur d'eau rejetée par la respiration se condense si rapidement que les animaux laissent en courant des « queues de brouillard » derrière eux. A  $-50^{\circ}\text{C}$ , un caribou semble émettre un écran de fumée. On dit même qu'il arrive qu'un renne se trouve entièrement masqué, à quelques mètres de distance, par le nuage de vapeur qu'il émet.

C'est également la très faible tension de vapeur de l'eau

aux basses températures qui est cause que, contrairement à ce qu'on pourrait imaginer, les chutes de neige sont peu abondantes dans les régions arctiques. Il neige en moyenne bien moins aux alentours du pôle qu'en Écosse par exemple. Par ailleurs, les déplacements d'air sont peu importants, et on ne constate qu'assez rarement des vents violents — ce qui est dû en partie à la faible vitesse linéaire de rotation des régions polaires autour de l'axe de la Terre.

#### LE FIGUIER ET LA RAGE

**L** n'y a guère de substance d'origine animale dont on n'ait étudié l'action sur le

virus de la rage. Par contre, les produits végétaux n'avaient fait jusqu'ici l'objet d'aucune recherche de cet ordre, car on ne concevait pas qu'ils pussent agir sur un micro-organisme dont la physiologie s'adapte étroitement au système nerveux des mammifères.

Mais la connaissance que l'on a aujourd'hui de cette physiologie permet de prévoir une inactivation du virus rabique par certains produits végétaux riches en diastases *protéolytiques* (c'est-à-dire susceptibles de scinder les molécules protéiques). C'est pourquoi deux savants français, MM. Remlinger et Bailly, ont eu l'idée de détruire la virulence de ce virus au moyen de suc d'agave

## SCIENCE ET VIE

publie un important  
NUMÉRO HORS SÉRIE

# L'AUTOMOBILE ET LA MOTOCYCLETTE

- Les Moteurs
- Les Châssis
- Technique Française et Étrangères
- Regards sur l'Industrie
- Accessoires
- Véhicules Industriels
- Vues sur l'Avenir
- Le Sport Automobile
- Les Motocyclettes

PLUS DE 190 PAGES

EN VENTE PARTOUT : 100 FR.

et 5, rue de La Baume, PARIS (8<sup>e</sup>) — Compte chèque postal : Paris 1258-63

ou de sève de figuier, substances qui exercent une protéolyse active.

Le latex recueilli en sectionnant les pédoncules du figuier de Carie (*Ficus Carica*) donne des résultats particulièrement bons. On le dilue avec de l'eau distillée, on le filtre sur bougie Chamberland (car il est toujours pollué de microbes), puis on le met en contact, pendant dix-sept heures, à 15° et à l'obscurité, avec une émulsion au 1/50 de cerveau de lapin mort de la rage. Si l'on injecte ce mélange sous la dure-mère d'une souris, elle ne contracte pas la rage, tandis qu'un témoin inoculé avec la même émulsion, mais sans suc de figuier, succombe toujours rapidement.

L'inactivation des virus ouvre ainsi un nouveau champ d'action aux diastases protéolytiques, et certaines applications thérapeutiques nouvelles peuvent être envisagées pour les produits végétaux riches en ces ferments.

## " DOME " GÉANT EN PLEXIGLAS

LA Cournaud Company de New-York a réalisé, après quatre mois d'études, le plus grand « dôme » en plexiglas qui ait été obtenu jusqu'ici dans le monde.

Il est analogue aux fameux « dômes » en matière plastique transparente qui garnissaient l'avant des bombardiers, mais beaucoup plus vaste, puisqu'il mesure 3,30 m de diamètre et est profond de 1,35 m. Il est destiné à figurer dans une exposition publicitaire organisée aux États-Unis par la Ford Motor Company.

Ce dôme a été fabriqué par la même méthode que celle mise en œuvre pour les pièces en plexiglas qui équipaient les postes de visée et de tir des avions, c'est-à-dire par formage en plaçant une plaque de plexiglas de dimension convenable au-dessus d'un moule où l'on fait le vide ; l'opération se fait à chaud et le plexiglas ainsi moulé est refroidi dans sa nouvelle forme par un courant d'air.

Le principal problème consistait à obtenir une feuille de plexiglas suffisamment grande, de 3,30 m de côté, dimensions que l'industrie est incapable de fournir directement. Il fallait

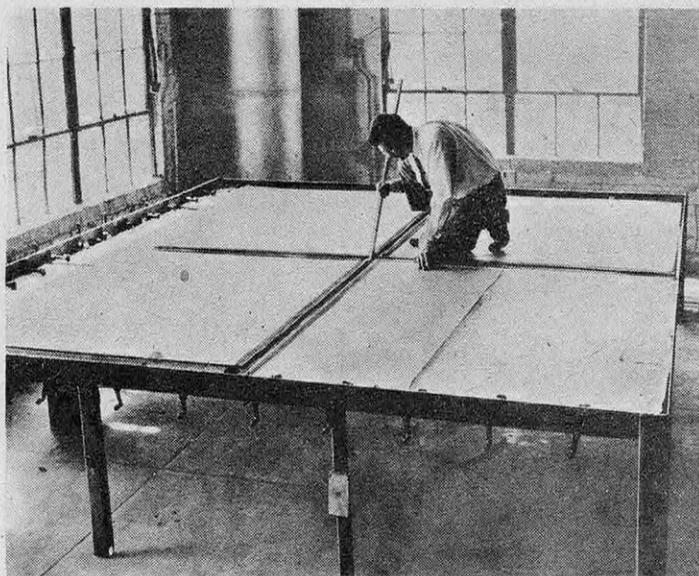


FIG. 2. — MISE EN PLACE DU BATONNET DE RÉSINE ACRYLIQUE ENDUIT DE CIMENT AU MÉTHACRYLATE ENTRE LES BORDS DES FEUILLES DE PLEXIGLAS QUE L'ON DÉSIRE ASSEMBLER

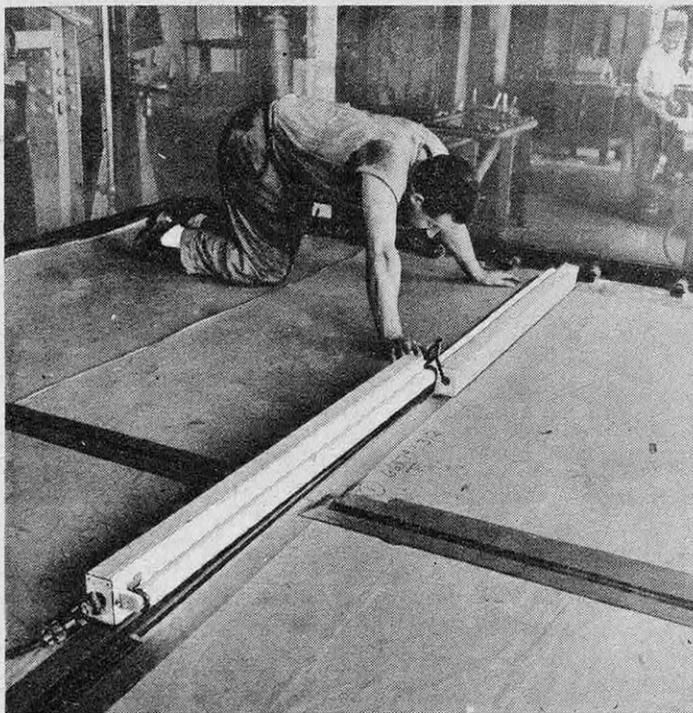


FIG. 3. — LAMPES A RAYONS INFRAROUGES ET TUBES A RAYONS ULTRA-VIOLETS SOUDANT LES FEUILLES PAR TRANSFORMATION DU CIMENT EN PLEXIGLAS

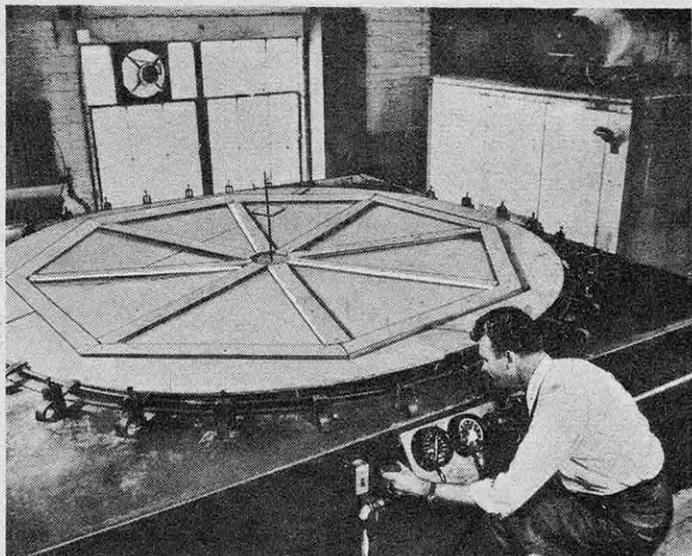


FIG. 4. — APRÈS FORMAGE A CHAUD PAR LE VIDE, LE DOME GÉANT EST REFRROIDI AVEC PRÉCAUTION DANS SON MOULE PAR UN COURANT D'AIR

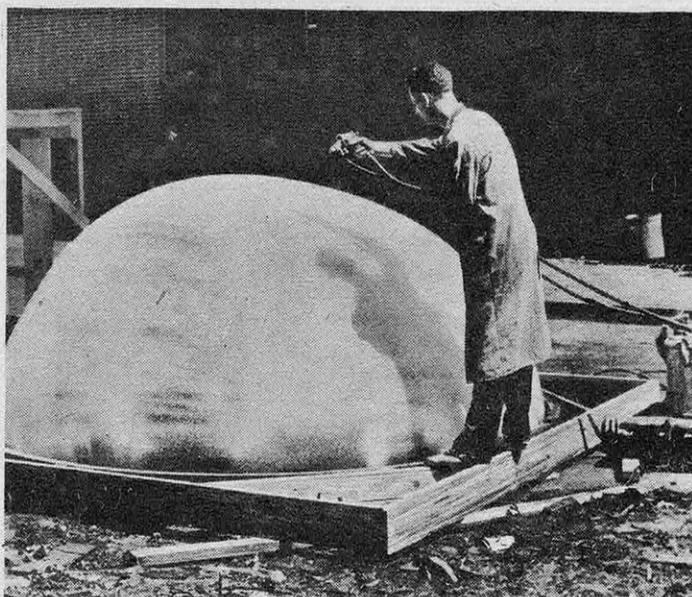


FIG. 5. — LE GLOBE GÉANT EN PLEXIGLAS, RECOUVERT, POUR LE TRANSPORT, D'UNE COUCHE DE MATIÈRE PLASTIQUE APPLIQUÉE AU PISTOLET, DESTINÉE A PROTÉGER SA SURFACE, ET FACILEMENT DÉTACHABLE APRÈS LE VOYAGE

donc souder plusieurs feuilles ensemble, les joints devant non seulement supporter le vide appliqué lors du moulage, mais posséder aussi une ductilité suffisante, et enfin demeurer aussi peu visibles que possible. Le procédé adopté après plu-

sieurs essais infructueux a consisté à pratiquer une rainure semi-circulaire dans les deux bords des feuilles à joindre et à y loger un bâtonnet de résine acrylique trempé dans un ciment de méthacrylate non polymérisé (fig. 2). Dans ces

conditions, le bâtonnet maintenait l'alignement des bords tandis que des lampes ultraviolettes et infrarouges provoquaient la polymérisation du ciment et sa transformation en plexiglas (fig. 3).

Le formage du dôme a exigé trois heures : une heure de chauffage, quarante-cinq minutes de formage proprement dit et une heure quinze minutes de refroidissement (fig. 4). Après polissage des joints, le dôme a été monté sur un anneau d'acier de 3,30 m de diamètre (fig. 5), auquel il a été fixé de telle sorte que les deux parties, plexiglas et acier, peuvent se dilater librement lors des changements dans la température ambiante. Le coût de fabrication est estimé à 10 000 dollars, soit 1 200 000 francs.

## MOTEUR AUXILIAIRE POUR BICYCLETTE

UN ingénieur français, M. Gadoux, vient de présenter un petit groupe moteur auxiliaire pour bicyclette qui, adaptable en trente minutes, présente plusieurs particularités intéressantes, en particulier une très grande simplicité mécanique. Le bâti, en alliage léger, surmonté du réservoir à essence, est fixé sur le cadre, derrière la selle, au-dessus de la roue arrière, à laquelle le mouvement est transmis par un galet d'une composition spéciale, monté directement sur l'arbre moteur, et qui roule sur le pneu sans qu'il y ait usure anormale, ni pour le galet, ni pour le pneu (fig. 6.)

De part et d'autre de ce bâti sont fixés soit deux moteurs monocylindriques inversés à deux temps, de 48 cm<sup>3</sup> de cylindrée, avec manetons décalés de 180°, soit un seul moteur (généralement du côté gauche), l'autre moteur étant remplacé par un simple palier (fig. 7.)

Cette disposition de moteurs inversés permet d'abaisser le centre de gravité du groupe et de purger le cylindre des impuretés provenant de la combustion, à chaque ouverture du clapet du décompresseur placé sur la culasse du cylindre, c'est-à-dire à sa partie la plus basse.

Suivant qu'on emploie le moteur avec un ou deux cylindres, les vitesses correspondant

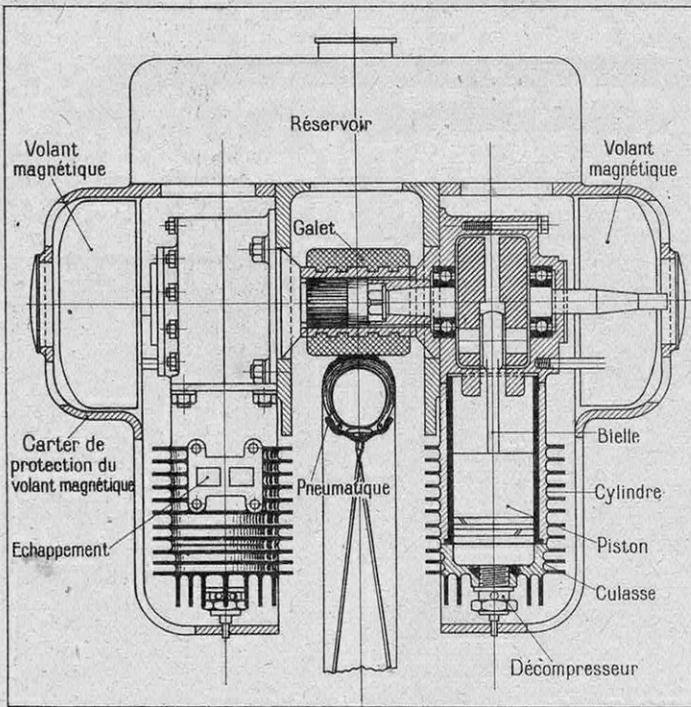


FIG. 6. — SCHEMA DU MOTEUR « CYCLEX » A DEUX TEMPS INVERSE

*Carter, cylindre, culasse et piston sont en aluminium, la chemise en fonte; l'embellage, en acier, est monté avec roulements à aiguilles. Une des deux moitiés du moteur peut être supprimée; le vilebrequin correspondant est alors remplacé par un demi-axe supporté par un palier.*

au régime de 3 500 tours/mn sont respectivement de 30 km/h et 40 km/h (le diamètre du galet étant différent dans les deux cas). Le poids est de 6 ou 10 kg. L'absence de toute transmission par chaîne, courroie ou engrenage donne un excellent rendement : on aurait gravi aux essais, sans aucun secours des pédales, la côte de Picardie, particulièrement redoutée des cyclistes, sur la route de Paris à Versailles. La disposition du moteur permet, en cas de crevaison, le dégagement instantané de la roue arrière, puisque aucune pièce mécanique n'est à déplacer.

Le bâti est fixé derrière la selle par une articulation qui permet de soulever le moteur (c'est ainsi qu'en cas de panne d'essence, par exemple, le cycliste peut pédaler de façon normale) et de régler la pression du galet sur le pneu, de manière à éviter, quels que soient les cahots subis, tout décollement qui aurait pour conséquences l'emballement du moteur et le meulage de l'enveloppe par le

galet au moment de la reprise du contact.

L'allumage est donné par le volant magnétique, qui alimente éventuellement le phare de la bicyclette.

## STYLO AUTOMATIQUE

UN inventeur français a construit un stylographe dont l'alimentation de la plume est assurée par le principe d'une pointe effilée rentrant dans le réservoir.

Le réservoir d'encre est constitué par une ampoule qui, fermée à son extrémité supérieure, peut coulisser librement à l'intérieur du corps du stylo, par simple basculement de celui-ci (fig. 8).

Un pointeau armé, aboutissant par une de ses extrémités coudée à l'œil de la plume, traverse la pastille d'obturation de l'ampoule et s'effile en pointe à l'intérieur de celle-ci, son diamètre progressif étant égal à celui de l'ouverture lorsque l'ampoule est poussée à fond contre le manchon de la plume. En basculant le stylo la pointe en l'air, l'ampoule se retire et une petite bulle d'air vient prendre la place qu'y occupait le pointeau; en basculant le stylo pour le remettre en

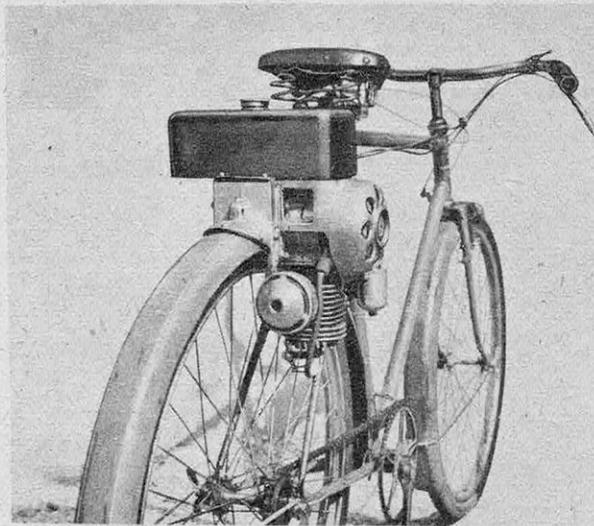


FIG. 7. — LE MOTEUR « CYCLEX » MONTÉ SUR UNE BICYCLETTE

*La position inversée des cylindres permet de placer le moteur au-dessus de la roue arrière sans élever outre mesure le centre de gravité de la bicyclette. Dans la fabrication de série, le moteur monocylindrique est monté du côté gauche, et non pas du côté droit comme le représente cette photographie d'un prototype, afin d'assurer un meilleur équilibre à l'arrêt, lorsque la bicyclette est appuyée contre un trottoir.*

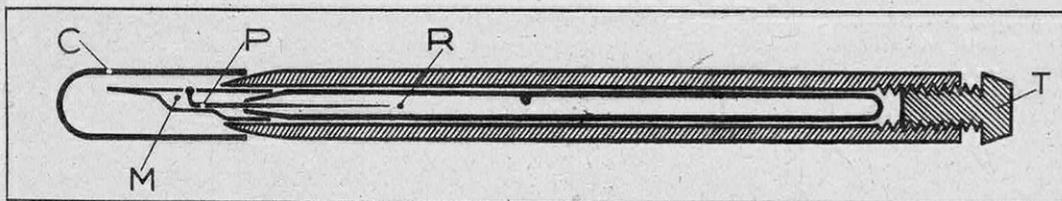


FIG. 8. — LE STYLO « POINTO »

L'écoulement de l'encre est réglé par le déplacement automatique ou commandé, à l'intérieur de l'ampoule-réservoir mobile R, du pointeau armé P. En basculant le stylo la plume en l'air, l'ampoule se retire et un peu d'air peut rentrer. En remettant le stylo en position d'écriture, l'ampoule retombe vers le pointeau, une petite quantité d'encre est expulsée par la pointe et s'écoule le long du pointeau jusqu'à l'œil de la plume M. La tête à vis T permet de régler la course de l'ampoule et de la bloquer contre la plume; l'ouverture de l'ampoule se trouve alors complètement obturée par le pointeau, grâce au diamètre progressif de celui-ci. Le capuchon C est adaptable aux deux extrémités. Le pointeau peut être constitué de plusieurs brins torsadés semi-rigides inclus dans une gaine souple diaphane, protectrice et régulatrice.

position d'écriture, l'ampoule retombe vers le pointeau, qui en chasse une quantité d'encre suffisante pour alimenter la plume, à laquelle elle parvient le long des rainures du pointeau.

Une tête à vis permet de régler la course de l'ampoule-réservoir et, lorsqu'elle est vissée à fond, la bloque dans une position telle que son ouverture soit obturée complètement par le pointeau, ceci afin d'éviter toute fuite lorsque le stylo n'est pas en service.

Il est remarquable que ce stylo, entièrement démontable et remontable à la main, ne comporte aucune canalisation susceptible d'être bouchée, aucun caoutchouc, aucun mécanisme ni ressort. La recharge est assurée par le remplacement de l'ampoule-réservoir, que le pointeau débouche au moment de son introduction.

L'ampoule-réservoir est remplaçable ou rechargeable à volonté.

Le pointeau armé à double effet peut s'adapter à toutes sortes de plumes, en particulier aux plumes métalliques

traitées aux superpolyamides (nylon) et aux plumes en nylon conçues par le même inventeur, depuis le type ultrasouple jusqu'au type extradur.

## FICELAGE RAPIDE DES PAQUETS

On connaît la dextérité des employés spécialisés dans l'art de confectionner les paquets. C'est là cependant un travail qui nécessite un réel effort pour retourner les colis en tous sens afin de les ficeler, d'où une fatigue certaine quand il s'agit de manipuler des centaines de paquets.

La photographie ci-contre dispense de longues explications pour montrer la commodité de cette table pour effectuer ce travail. Grâce aux quatre fentes pratiquées dans le dessus de la table, le ficelage s'exécute rapidement, sans avoir à basculer le colis, quel que soit son poids. Pivotant sur son axe, cette table permet d'effectuer

l'opération complète sans aucun déplacement.

Et l'outillage nécessaire : ficelle, couteau, ciseaux, trouve

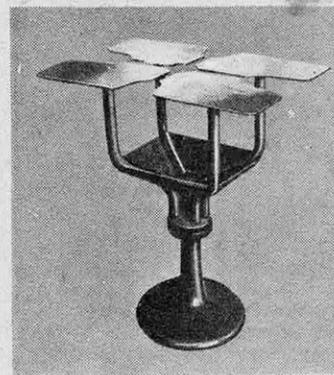


FIG. 9. — LA TABLE A RAINURES POUR LE FICELAGE RAPIDE DES PAQUETS

naturellement place dans la case creuse ménagée sous la table.

V. RUBOR

## NUMÉROS DISPONIBLES

1945 : 337, 338, 339. . . . .	à 20 » l'exemplaire.
1946 : 340, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 348. . . . .	à 20 » —
349, 350, 351. . . . .	à 30 » —
1947 : 352, 353, 354, 355, 356. . . . .	à 28 50 —
357, 358, 359, 360, 361. . . . .	à 30 » —
Numéros hors série « Aviation 1946 ». . . . .	à 120 » —

Abonnements : affranchissement simple, France et colonies : 300 francs ;  
Recommandé : 400 francs. — Étranger : 450 francs ; recommandé : 600 francs.

Adresser le montant de toutes les commandes au  
**C. C. Postal 9107 Paris.**

## VUES MODERNES SUR LA PHOTO D'AMATEUR

**Agrandissez vos photos...  
Vous multipliez vos joies**

Que vous faut-il ?

1° *Un bon matériel* qui peut être très simple. Nous vous avons présenté déjà les beaux agrandisseurs de nos fabricants (Voir *Science et Vie* d'octobre). Mais vous êtes bricoleur : réalisez vous-même votre agrandissement grâce à :

a. Un bon objectif (spécialement prévu pour cet usage, c'est préférable) ; on en trouve facilement d'excellents :

Kynor-Roussel 3,5-50 mm (courant 24 × 36 à 4 × 4) : 2 036 fr.

Kynor-Roussel 3,5-75 mm (courant jusqu'à 6 × 6) : 2 842 fr.

Saphir Boyer 4,5-50 mm : 2 050 fr.

Saphir Boyer 3,5-50 mm : 3 530 fr.

Angénieux 2,9-50 mm : 3 622 fr.

Angénieux 3,5-75 mm : 3 622 fr.

b. Une ou deux lentilles plan convexe pour monter un condensateur 60 mm (jusqu'à 3 × 4) :

150 fr. pièce. 80 mm (jusqu'à 6 × 6) : 225 fr.

c. Pour les films de 35 mm, un passe-vues Sommor ; bien conçu il permet un travail rapide, précis, sans risque de rayer les films : 578 fr.

Dans la brochure *L'Agrandissement*, vous trouverez des croquis de montage (Voir plus loin).

2° *Des produits de 1<sup>re</sup> qualité.* — Révélateur Lazuton (dose de 10 l seulement) : 235 fr. ; Grenier, 2 l : 40 fr. Fixage acide, 1 l : 20 fr.

3° *Du soin.* — Maintenez toujours votre objectif et le condensateur parfaitement propres ; la moindre poussière se retrouverait amplifiée sur l'image. Attention à la buée sur les lentilles si vous travaillez dans un endroit humide. Préparez les bains selon les indications données et veillez à la dissolution complète des produits. Tenez les cuvettes très propres ; manipulez les épreuves avec des pinces inoxydables (matière plastique) : 14 cm. : 237 fr. ; 26 cm. : 360 fr.

4° *Du goût.* — a. Le centrage : c'est par cette opération que vous témoignerez de votre sens artistique. Une mise en page judicieuse peut transformer entièrement un cliché apparemment banal. Éliminez les éléments inutiles que vous êtes parfois obligés d'enregistrer à la prise de vue.

Pour bien centrer vos images, utilisez des marges :

Margeur fixe C. P. .... 200 fr.

— — 13 × 18 ..... 260 fr.

Nous vous conseillons vivement un margeur réglable très pratique, maximum 13 × 18, et presque indispensable : 1 700 fr. Au-dessus, se servir de la tablette de l'agrandisseur en utilisant un écran orange pour faire la mise en pages. Nous avons aussi le 18 × 24 : 2 500 fr., le 24 × 30 : 3 100 fr.

b. Interprétation par cachements :

l'ombre que vous faites à la main au moment du tirage peut modifier les valeurs (Voir notre brochure).

5° *Les conseils de Grenier.* — La place nous manque ici, mais nous faisons éditer par la maison Sommor une série de brochures dont la première, *L'Agrandissement*, vient de paraître. Vous y trouverez toutes indications sur le choix ou la construction d'un agrandisseur, sur le tirage, le développement, la présentation, etc. Prix : 100 fr.

Notez déjà : vous ferez votre mise au point avec une précision parfaite avec le vérificateur Dodin (2 000 fr.), très astucieux et pratique.

Pour le choix du papier, la gradation a plus d'importance que la surface. Surveillez la température du révélateur (entre 23° et 28°). Un réchauffeur est indispensable : 367 fr. Au lavage, ne laissez pas les épreuves coller au fond de la cuvette ; renouveler l'eau complètement plusieurs fois.

Vos épreuves auront meilleur aspect si elles sont séchées ou glacées sur un appareil électrique. Il en existe de très bons petits modèles pour amateurs, format 22 × 25 : 2 000 fr. avec rouleau essoreur.

*Nouveautés* : le *Prismor Contax*. Cet ingénieux système pour les photos de près a fait ses preuves pour le Leica. La trousse double complète (0,30 m à 1 m) : 5 460 fr.

*Verre dépoli télémètre Dodin pour Rolleiflex.* C'est un véritable télémètre à coïncidence qui se couple automatiquement avec l'objectif. Mise au point plus rapide et plus précise, même dans les conditions d'éclairage défavorables : 2 000 fr.

Renseignements et notices seulement 9 fr. en timbres ou coupons réponse internationaux.

*Conditions de vente.* — Expédition contre remboursement. Pour les colonies, paiement par virement postal préalable. Emballage et port facturés au plus juste prix. *Franco* pour commande supérieure à 10 000 fr.

GRENIER, 27, rue du Cherche-Midi (métro Sèvres-Babylone). Magasin ouvert tous les jours sauf le samedi. — C. P. 1526-49, Paris.

**REFLEX**, l'appareil à DESSINER le mieux combiné...



... Vous permet de TOUT COPIER, AGRANDIR, REDUIRE exactement, rapidement à n'importe quelle échelle : images, dessins, paysages, portraits, plans, objets, etc.

Écrire : C. A. FUCHS, constructeur, THANN (Haut-Rhin).

## COMMUNIQUÉ

M. R.-A. DUDRAGNE vous informe que ses verres de contact incassables sont uniquement exécutés sur prescription de votre médecin oculiste et vérifiés avant livraison par ce dernier. Les qualités optiques du verre de contact sont maintenant consacrées par l'usage.

Mieux que des lunettes, ils corrigent et améliorent la vue.

Agréés par les Assurances sociales. Renseignez-vous.

R.-A. DUDRAGNE, 49, boulevard de Courcelles, Paris (VIII<sup>e</sup>). Métro : Courcelles. Wagram 48-27. Tous les jours, de 8 h. 30 à 19 h., sauf samedi.

## NOUVEAUTÉ : LA RÈGLE A CALCUL EN PLEXIGLAS

*insensible à l'humidité.*



Tous les spécialistes apprécient les articles de dessin en PLEXIGLAS gravé pour leur fini, leur transparence et leur précision.

Cette matière noble convenait

beaucoup mieux que le bois ou le métal à la confection de règles à calcul. Celle que nous présentons est une règle linéaire de 25 cm., système Rietz, en Plexiglas OPALE, très finement gravée. C'est une belle pièce de précision, présentée en étui avec notice d'emploi.

Très intéressante pour les travaux en plein air ; elle est insensible à la pluie. Recommandée aux ingénieurs, officiers, élèves de grandes écoles.

Prix franco : 1 350 fr.

ANIC MAYO, 64, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine, face métro Sablons. C. P. Paris 4621-13.

## MANUEL PRATIQUE DE L'ÉLECTRICIEN RURAL ET URBAIN

par L.-P. BOUQUET, Ing. E. S. É. et M. AVRIL.

Voici, tant pour les spécialistes que pour les profanes, un véritable traité complet de l'électricité et de toutes ses applications pratiques, présenté sous une forme claire et, ce qui était indispensable, avec une très abondante illustration. Tenant compte des dernières données de la technique moderne, il sera l'instrument de travail indispensable.

Présentation en trois volumes 14 × 19, dont un volume de tableaux, graphiques, formulaires, planches et croquis en deux couleurs. Les trois volumes : 420 francs.

ÉDITIONS JACQUES VAUTRAIN 12, rue Ernest-Psichari, Service 60 Paris (VII<sup>e</sup>). C. C. P. Paris 434-61.

## AUTOMOBILISTES !

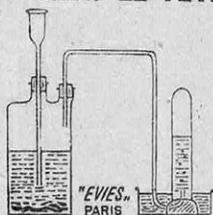


Une révolution ! la Buse ATOMique dans votre carburateur. Elle donnera plus de puissance et de durée à votre moteur, avec 15° de moins de température et vous dépenserez un quart de moins d'essence, tout en ayant une voiture rapide, sans vibrations ni chaleur. Envoyez dès aujourd'hui le type exact de votre carburateur et 3 000 fr. Vous recevrez la Buse ATOMique, avec notice de montage en trente minutes, voitures et camions.

Remise aux grossistes.  
LAGIER, Moteur - Carburateur,  
145, boul. Raspail, Paris. DAN. 53-27.

## S'INSTRUIRE EN S'AMUSANT

Coffret LE PETIT CHIMISTE,



contenant les 20 pièces principales de laboratoire permettant de réaliser les expériences à chaud et à froid.

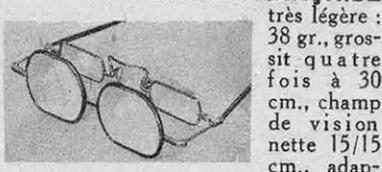
Prix : 3 850 francs.

Exp. province: emb. et port en sus.  
En vente exclusive à RÉCRÉATION,  
99, Fg St-Honoré, Paris-8°. Ély. 00-88.

## LIRE CONFORTABLEMENT



## LUNETTE-LOUPE FRANÇAISE



très légère : 38 gr., grossit quatre fois à 30 cm., champ de vision nette 15/15 cm., adaptation à toutes les vues par modification des oculaires. Encombrement réduit, se plie dans un étui courant. Indispensable pour tous les travaux minutieux.

H. et M. RENAULT, opticiens,  
107, rue Joffroy, Paris. Wag. : 15-15.

## LA DIFFUSION SCIENTIFIQUE

3, rue de Londres, Paris (9°), vous présente

son intéressante collection de livres sur l'automobile, l'électricité, la radio, les diverses professions, le dessin, la formation professionnelle, le commerce, la comptabilité, les connaissances scientifiques nouvelles, la médecine, les sports, les danses, la cuisine, la pâtisserie, le jardinage, le bricolage, la culture humaine, la graphologie, l'occultisme, la radiesthésie, etc... Catalogue général « SCIENCES 47 » de 32 pages contre 10 francs en timbres.

## INSTRUIRE... DISTRAIRE...

Tel est le but recherché et toujours obtenu grâce au « Modèle Réduit ». Bateau, avion, auto, chemin de fer peuvent toujours être reproduits à petite échelle et fonctionner comme les modèles réels : pas d'outillage compliqué ni de gros frais à engager, du bois, de la colle et avec fierté vous verrez voler l'avion que vous aurez fabriqué, voguer le bateau que vous aurez réalisé, fonctionner le chemin de fer électrique que vous aurez vous-mêmes construit dont vous pourrez diriger et contrôler la marche à distance. Demander aujourd'hui même notre documentation complète S. V. (Joindre 15 fr. en timbres français.) AIRMER, 17, rue de Belzunce, Paris (XV°).



## LONG CRÉDIT

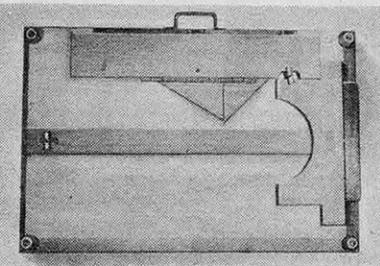
Grands Supers à partir de 560 francs par mois. Au comptant à partir de 6 990 francs. Qualité « Label », garantie deux ans. Expédié franco en France et aux Colonies. Tous risques couverts. Catalogue gratuit sans engagement.

## TÉLÉSON-RADIO

Service S. V., 33, av. Friedland, Paris.

## PLANCHE A DESSIN PORTATIVE « Innovation »

Conçue spécialement pour les élèves des écoles professionnelles, les étudiants, les centres de formation, les relevés d'atelier, de travaux, etc. Avantages. — Poignée portative ; — tous les instruments de dessin fixés à l'arrière de la planche ; — 2 volets articulés permettant l'inclinaison sur la table de travail ; — 4 pieds pour la stabilité. Format 0,67 m x 0,45.



Quatre modèles avec leurs accessoires. 1 té de 0,62 m, 1 équerre 60° de 30 cm, 1 équerre 45° de 18 cm, 1 triple décimètre.

Prix avec tous accessoires :  
en hêtre (N° 1)..... 975 fr.  
en poirier (N° 2)..... 1 175 fr.  
en poirier (N° 3)  
accessoires celluloid..... 1 350 fr.

en poirier (N° 4)  
accessoires plexiglas..... 2 100 fr.  
Le carton à dessin spécial, laissant dépasser la poignée : 390 fr.

Port et emballage en sus 15 %  
F. DARNAY ET C<sup>ie</sup>, 7, rue Coypel, Paris. — C. C. Paris 1965-90.

## TÉLÉPHONE IDÉAL EN HAUT-PARLEUR



La preuve est faite que seul l'interphone permet l'organisation rationnelle des liaisons directes et à haute voix entre les bureaux. Plus de déplacements inutiles, chacun pouvant être appelé et parler à distance de l'appareil.

Voici quelques avantages particuliers aux appareils « INTERVOX » :

- Installation simple et économique.
- Intercommunication totale (brevet INTERVOX).
- Liaison directe et séparée de chaque service.
- Puissant, sensible, fidèle, robuste.
- Usure réduite, les lampes ne débitant que pendant les conversations (brevet INTERVOX).
- Écoute libre (surveillance).
- Silence total en « attente », exempt de ronflement en « service ».
- Comportent « circuit d'écoute », « secret », « appel général », « signalisation pas libre », écouteur téléphonique pour écoute confidentielle.
- Modèles de 4 à 20 directions.
- Par sa production intense, la SOCIÉTÉ INTERVOX assure Prix avantageux. Installations éprouvées. Délais rapides.
- Les meilleures références :

Ministères, administrations, services publics, cliniques, etc.

## SOCIÉTÉ INTERVOX

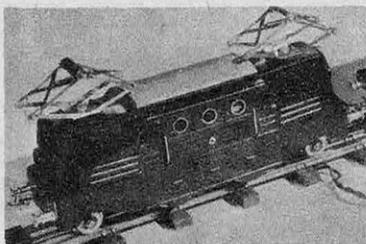
135, avenue du Général-Michel-Bizot, Paris (12°).

Tél. : Diderot 03-92.

Documentation sur demande.

### CONSTRUISEZ VOUS-MÊME CETTE AUTOMOTRICE ÉLECTRIQUE SILENCIEUSE (LICENOE ZEDA)

Rien n'est plus instructif, plus distrayant et plus économique que de construire soi-même, ou de surveiller la construction par des enfants de cette automotrice BLZ «O», dernier type de modèle réduit.



de wagons, ainsi que tous les accessoires et pièces rails, signaux, rhéostats, capables de constituer le plus beau réseau de train électrique d'une conception et d'une réalisation bien françaises.

**Caractéristiques.** — C'est la machine silencieuse grâce à son mouvement placé sous le carter, noyé dans un bain d'huile. Sa conception brevetée,

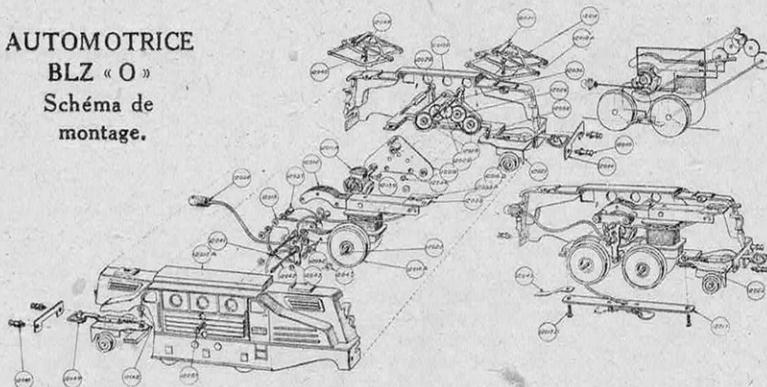
### UN AUTRE MODÈLE : la BLZ «OO»

Locomotrice forme aérodynamique à

### AUTOMOTRICE

BLZ «O»

Schéma de montage.



unique au monde, est constituée par deux demi-coquilles, moulées sous pression et assemblées, formant la locomotive.

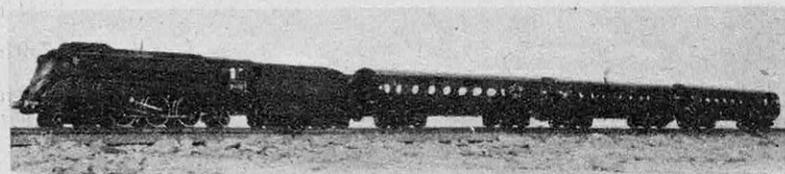
L'ensemble a été calculé pour s'apparenter, dans la forme, avec le dernier type des réseaux ferroviaires, pour réaliser, par le choix des alliages et le poids, le rendement maximum à la traction.

Nous fournissons aussi, à des prix avantageux, tous les types

télécommande par surtension 20 volts, avec son tender.



EN VENTE CHEZ TOUS LES SPÉCIALISTES DE MODÈLES RÉDUITS. Catalogue S. V. gratuit sur demande. ATELIERS B. L. Z. 74, rue Villiers-de-l'Isle-Adam, PARIS (20<sup>e</sup>).



### A LA SOURCE DES INVENTIONS

La plus importante et la plus ancienne maison de

### Modèles réduits.

Actuellement le plus grand choix :  
La fameuse locomotrice BLZ forme P. O., écartement standard, en vente au prix de ..... 2 670 »  
TRAIN COMPLET BLZ marchandises, loco P. O. 2 wagons grand circuit, rails profilés..... 5 060 »  
LOCO BLZ «OO» forme P. L. M., écartement réduit..... 4 330 »  
TRAIN COMPLET BLZ 3 voitures, loco, tender (OO), écartement réduit. Prix ..... 8 030 »

### Les nouvelles boîtes de construction « NAVIG »

Yacht « LE SPHINX » paquebot ..... 1 640 »  
Le « STRASBOURG », cuirassé..... 1 440 »  
Chasseur sous-marins..... 920 »  
La VEDETTE..... 545 »

### Les meilleurs moteurs.

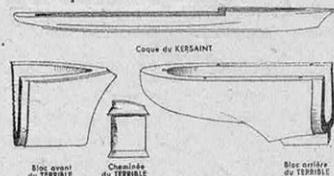
Le REA 10 cc..... 2 500 »  
Le MICRON 5 cc..... 2 750 »  
Le SUPER 5 cc. DELMO. 2 750 »  
Le MICRON 2,8 cc..... 2 775 »

Catalogue général de tous les plans et modèles et fournitures pour avions, bateaux, chemins de fer, contre 25 fr. en timbres-poste.

A LA SOURCE DES INVENTIONS, Service S. V., 56, boulevard de Strasbourg, Paris (10<sup>e</sup>).  
Près la gare de l'Est.

### TOUS LES BATEAUX MODÈLES RÉDUITS

Jusqu'à ce jour, seuls quelques amateurs expérimentés, dotés d'un outillage perfectionné, pouvaient prétendre mener à bien la construction d'une maquette de bateaux.



Désormais avec les boîtes « NAVIG » construire devient un jeu.

La création de deux blocs, l'un arrière, l'autre avant (système breveté) permet l'assemblage facile des baguettes et une réalisation parfaite du type choisi.

Toutes les pièces sont numérotées. La résistance des bateaux ainsi construits est bien supérieure.

Catalogue de tous nos modèles contre 12 francs en timbres-poste.

Vente en gros : NAVIG, 9, rue Morand, Paris (XI<sup>e</sup>).



### UNE DOCUMENTATION DE TOUT PREMIER ORDRE

Sur simple demande, accompagnée de la somme de 15 francs en timbres, vous recevrez le catalogue général n° 12 de SCIENCES ET LOISIRS, la librairie technique la plus importante de toute la France. Ce catalogue de 80 pages (format 135 x 210), contient les sommaires de plus de 1 000 ouvrages sélectionnés parmi les meilleurs (technique, vulgarisation scientifique, utilité pratique).



Vous pourrez ainsi, sans recherches fastidieuses, et sans aucun dérangement, faire tranquillement votre choix chez vous, à tête reposée.

Quelle que soit la branche qui vous intéresse : Apiculture, Automobile, Aviation, Dessin, Electricité, Elevage, Jardinage, Mécanique, Modèles réduits, Médecine, Pêche et Chasse, Photographie, Radiesthésie, Radio et Télévision, Sciences occultes, Travaux d'amateurs, Sports, etc., vous n'aurez que l'embarras du choix.

Expéditions des commandes France et Colonies dans les délais les plus rapides.

Librairie SCIENCES ET LOISIRS, 17, avenue de la République, PARIS (XI<sup>e</sup>) (métro République).

### VOUS DEVEZ GAGNER BEAUCOUP PLUS

Voulez-vous rester toujours aux environs du minimum vital, ou préférez-vous gagner largement votre vie ? Voulez-vous risquer de perdre tout ce que vous avez, ou préférez-vous mettre toutes les chances dans votre jeu pour atteindre rapidement une confortable aisance ? Voulez-vous économiser sur tout, vous priver de tous les plaisirs, ou préférez-vous dépenser sans compter, grâce aux profits que vous réaliserez rapidement ? En moins d'un an, le Cours Pratique de Vente par correspondance vous permettra d'accéder à des situations des plus lucratives. Demandez le programme M 25, au Cours Pratique de Vente, 222, boulevard Pereire, Paris (XVII<sup>e</sup>). (Joindre 20 francs.)

### 20 A 25.000 FRANCS PAR MOIS

Salaires actuels du Chef-Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'Etat qui vous assurera une situation lucrative. Demandez la brochure gratuite n° 14, « Carrières Comptables, carrières d'avenir », à l'Ecole Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris.

### CHAUFFAGE ASSURÉ

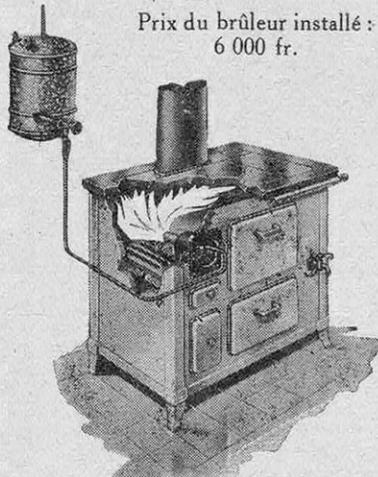
cet hiver avec votre cuisinière. Quelle que soit sa marque, elle peut fonctionner au MAZOUT avec le nouveau brûleur

#### FEUFOLLET

Brevet n° 768-224.

Consommation horaire moyenne : 1/2 litre.

Prix du brûleur installé : 6 000 fr.



Demandez l'installation de ce merveilleux appareil à votre installateur habituel ou aux Etablissements MAZOUCALOR, à SEYSSES (Haute-Garonne). — Tél. 7.

Encore quelques postes de distributeurs départementaux libres.

### VOUS POUVEZ DEVENIR COMPTABLE

Préparez les examens officiels d'Etat.

Le métier de comptable est maintenant un métier bien payé, une profession agréable. Cette situation est à votre portée. Y avez-vous songé ?

En quatre mois vous pouvez apprendre la comptabilité chez vous sans rien changer à vos occupations habituelles.

Demandez la documentation gratuite n° 1993. Ne pas joindre de timbres. Ecole Française de Comptabilité, 91, avenue République, Paris.

### TOUTES LES CARRIÈRES DE L'AUTOMOBILE

Motoriste, mécanicien - chauffeur, électricien - réparateur, employé ou magasinier de garage, vendeur-représentant en automobiles, etc., vous serez ouverts en suivant nos cours par correspondance qui feront de vous des techniciens et mécaniciens de premier ordre.

- Préparation au service militaire dans l'armée motorisée ;
- Conduite, entretien et dépannage de tracteurs agricoles ;
- Autorails, chemins de fer de France et des Colonies ;
- Mécanicien - dépanneur des P. T. T.

### COURS TECHNIQUES AUTO

rue du Docteur-Cordier, Saint-Quentin (Aisne).

Renseignements gratuits sur demande.

### LA TIMIDITÉ EST-ELLE UNE MALADIE ?

Confession d'un ancien timide

J'avais toujours éprouvé une secrète admiration pour C.-L. Borg. Le sang-froid dont il faisait preuve aux examens de la Faculté, l'aisance naturelle qu'il savait garder lorsque nous allions dans le monde, étaient pour moi un perpétuel sujet d'étonnement.

Un soir de l'hiver dernier, je le rencontrai à Paris, à un banquet d'anciens camarades d'études. Et, le plaisir de nous revoir après une séparation de vingt ans nous poussant aux confidences, nous en vinmes naturellement à nous raconter nos vies. Je ne lui cachai pas que la mienne aurait pu être meilleure, si je n'avais toujours été un affreux timide.

Borg me dit : « J'ai souvent réfléchi à ce phénomène contradictoire. Les timides sont généralement des êtres supérieurs. Ils pourraient réaliser de grandes choses et s'en rendent parfaitement compte. Mais leur mal les condamne, d'une manière presque fatale, à végéter dans des situations médiocres et indignes de leur valeur.

» Heureusement, la timidité peut être facilement guérie. Il suffit de l'attaquer du bon côté. Il faut, avant tout, la considérer avec sérieux, comme une maladie physique et non plus seulement comme une maladie imaginaire. »

C.-L. Borg m'indiqua alors un procédé très simple, qui régularise la res-

piration, calme les battements du cœur, desserre la gorge, empêche de rougir, et permet de garder son sang-froid même dans les circonstances les plus embarrassantes. Je suivis son conseil et j'eus bientôt la joie de constater que je me trouvais enfin délivré complètement de ma timidité.

Plusieurs amis à qui j'ai révélé cette méthode en ont obtenu des résultats extraordinaires. Grâce à elle, des étudiants ont réussi à leurs examens, des représentants ont doublé leur chiffre d'affaires, des hommes se sont décidés à déclarer leur amour à la femme de leur choix... Un jeune avocat, qui bafouillait lamentablement au cours de ses plaidoiries, a même acquis un art de la riposte qui lui a valu des succès retentissants.

La place me manque pour donner ici plus de détails. Mais, si vous voulez acquérir cette maîtrise de vous-même, cette audace de bon aloi, qui sont nos meilleurs atouts pour réussir dans la vie, demandez à C.-L. Borg son petit livre *Les Lois éternelles du succès*. Il l'envoie généreusement sans demander un centime à quiconque désire vaincre sa timidité. Voici son adresse : C.-L. Borg, chez AUBANEL, 7, place Saint-Pierre, Avignon. Écrivez-lui tout de suite, avant que l'édition soit épuisée.

R. SORIAN.

**CET AVIS INTÉRESSE  
TOUS LES JEUNES**

Les jeunes, qui, inquiets et perplexes, hésitent à choisir une situation, trouveront facilement celle qui leur convient (civile ou d'Etat), dans le GUIDE n° 162, document unique. Envoi gratuit. ECOLE AU FOYER. 39, rue Denfert-Rochereau, Paris.

**RÉUSSIR !**

Pour obtenir une situation lucrative ou améliorer votre emploi actuel, votre intérêt est de suivre les cours par correspondance de l'ENEC basés sur des méthodes d'enseignement modernes et rationnelles. Demandez l'envoi gratuit de la brochure que vous désirez (précisez le numéro).

- Broch. 3.820 : Orthographe, Rédaction.
- Broch. 3.821 : Calcul, Mathématiques.
- Broch. 3.824 : Électricité.
- Broch. 3.825 : Radio.
- Broch. 3.833 : Sténo-dactylographie.
- Broch. 3.834 : Secrétariat.
- Broch. 3.835 : Comptabilité.
- Broch. 3.837 : C. A. P., Commerce.
- Broch. 3.838 : Carrières commerciales.
- Broch. 3.841 : B. E. et Bac. (2<sup>e</sup> session).

ÉCOLE NORMALE  
D'ENSEIGNEMENT  
PAR CORRESPONDANCE  
28, rue d'Assas, PARIS (VI<sup>e</sup>).

**DANS CINQ MOIS  
VOUS SEREZ COMPTABLE**

(Traitement : de 10 000 à 25 000 fr.)

4 MOIS suffisent pour faire de vous un bon Secrétaire Sténodactylo (traitement jusqu'à 15 000 fr.) grâce aux célèbres cours par correspondance de l'ÉCOLE PRATIQUE DE COMMERCE, 31, av. A.-Briand, Lons-le-Saunier (Jura).



Actuellement, le nombre des emplois offerts aux anciens Elèves de l'École dans le Commerce, l'Industrie, les Administrations, etc., en France et aux Colonies, est bien supérieur à celui des candidats disponibles. Dem. broch. illustr. grat. n° 2210.

**SPÉCIALEMENT POUR LES MÉCANICIENS AUTO**

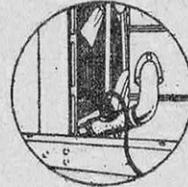
Il est évident qu'en augmentant encore la qualité de vos connaissances en mécanique vous améliorerez d'autant votre affaire ou votre situation et vous... gagnerez davantage.

Or vous avez la possibilité, sans vous déranger, de vous mettre au courant de toute l'automobile actuelle et de vous affirmer, rapidement, un spécialiste hautement qualifié et « à la page ».

Comment ? En utilisant les services

**LE DÉMARRAGE A FROID  
DES MOTEURS**

Les difficultés de faire démarrer les moteurs en hiver sont bien connues de quiconque se sert d'une voiture.



Mauvaise essence, huile médiocre, batterie épuisée, autant de causes de mauvais départs. Une seule solution : démarrage à chaud du moteur même par temps froid grâce

au GULF STREAM dont le montage dans la circulation d'eau du moteur est très facile. A l'aide du courant du secteur, il chauffe pendant la nuit tout le moteur.

- STANDARD petite voiture . . . 650 fr.
- MASTER camionnette . . . . . 780 —
- SUPER camion, car. . . . . 940 —
- Spécifier 110 ou 220 volts.
- LE GULF, 65, rue Bayen, Paris, 17<sup>e</sup>.

**PARLER ANGLAIS**

LA MÉTHODE  
LA PLUS RENOMMÉE POUR  
L'ENSEIGNEMENT DES  
LANGUES PAR DISQUES

Rapidement, Facilement,  
par **LINGUAPHONE**  
**OUI**

Progrès rapides  
Accent parfait  
Vocabulaire étendu

N'aimeriez-vous pas parler l'anglais correctement ou toute autre langue de votre choix ?

- C'est si facile avec Linguaphone  
Méthode simple, logique et scientifique.
- La Méthode Linguaphone est étonnante.  
D'un jour à l'autre vous faites des progrès et vous découvrez rapidement que vous parlez avec un accent impeccable et que vous comprenez tout ce qui se dit autour de vous.
- Il n'est jamais trop tard

que vous ayez moins de 30 ans ou plus de 40 ans, si vous n'avez jamais essayé de parler une langue étrangère auparavant, Linguaphone est un raccourci qui vous permettra de posséder à fond n'importe quelle langue étrangère

LINGUAPHONE ENSEIGNE  
21 LANGUES  
disponibles immédiatement

**ANGLAIS, ESPAGNOL,  
ALLEMAND, RUSSE,  
ITALIEN, PORTUGAIS,  
SUÉDOIS, HOLLANDAIS  
FRANÇAIS (pour les étrangers)**



**GRATUIT**

La brochure très complète sur cette étonnante méthode sera envoyée gratuitement à tous ceux qui renverront le coupon ci-contre (joindre 12 francs pour frais d'envoi).

**LINGUAPHONE**  
12, Rue Lincoln, PARIS (8<sup>e</sup>)

Veillez m'adresser la brochure décrite ci-contre sans engagement de ma part.

Nom .....

Adresse .....

(Dépt. B. 53)

## L'ÉLECTRICITÉ

... est un métier scientifique, moderne, lucratif, qui donne du prestige à celui qui l'exerce et lui permet d'espérer le plus brillant avenir.

Les Ingénieurs-Spécialistes de notre Institut vous y prépareront, sans que vous ayez à quitter vos occupations.

En fin d'études l'institut délivre un certificat, document précieux qui facilite l'accès aux carrières d'État.

Pour être complètement renseigné, demandez-nous tout de suite (contre 10 Fr.) l'album SVI "L'Électricité et ses applications, métier d'avenir".



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

## Devenez JOURNALISTE !

Voulez-vous être **REPORTER, RÉDACTEUR**  
— ou **CORRESPONDANT DE PRESSE** —  
sportif, théâtral, cinéma, criminel, voyages ?

*Cette profession libérale vous sera accessible après avoir suivi les cours de*

## L'ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet  
TOULOUSE

*Enseignement par correspondance sans quitter vos occupations habituelles.  
Documentation envoyée contre 10 francs de timbres.*

## VOICI VOTRE ÉCOLE

### 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.

- |   |   |
|---|---|
| N° 33720. <b>Classes secondaires complètes ;</b><br>Baccalauréats.                                | N° 33730. <b>Dunamis</b> (Culture mentale).   |
| N° 33721. <b>Classes primaires complètes ;</b><br>Brevets.  | N° 33731. <b>Phonopolyglotte</b> (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol).            |
| N° 33722. <b>Enseignement supérieur ;</b><br>Licence ès Lettres.                                  | N° 33732. <b>Dessin artistique.</b>   |
| N° 33723. <b>Cours d'orthographe.</b>   | N° 33733. <b>Cours d'éloquence.</b>   |
| N° 33724. <b>Cours de rédaction.</b>  | N° 33734. <b>Cours de poésie.</b>   |
| N° 33725. <b>Formation scientifique</b> (Math., Physique, Chimie).                                | N° 33735. <b>Formation musicale.</b>  |
| N° 33726. <b>Dessin industriel.</b>   | N° 33736. <b>Initiation aux grands problèmes philosophiques.</b>                    |
| N° 33727. <b>Industrie :</b> Certificats d'aptitude professionnelle.                              | N° 33737. <b>Cours de publicité.</b>  |
| N° 33728. <b>Radio, certificats de radio de bord</b> (1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> classes). | N° 33738. <b>Carrières des P. T. T. et des Travaux publics.</b>                     |
| N° 33729. <b>Commerce et comptabilité :</b> Certificats d'aptitude professionnelle.               | N° 33739. <b>Écoles d'infirmières et Assistantes sociales, Écoles vétérinaires.</b> |

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels

### ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Mallette, PARIS (16<sup>e</sup>).

# AVEC VOUS

*jusqu'au Succès final*



## RADIO-CINÉMA-AVIATION

**JEUNES GENS... JEUNES FILLES...**  
Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations. Préparez-les en suivant nos cours **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 Ecoles suivantes :

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

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

**ÉCOLE GÉNÉRALE PHOTOGRAPHIQUE**  
(Opérateurs de studios d'art, techniciens de laboratoires, reporters, photographes.)

**PRÉPARATION aux Brevets officiels d'opérateurs projectionnistes.**

*Pour recevoir gratuitement la documentation de l'École qui vous intéresse, écrivez, en vous recommandant de Science et Vie, au*



## CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES DE PARIS

69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS (Seine) — Tél. : Pereire 55-10

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

152, Avenue de Wagram, PARIS (17<sup>e</sup>)

Enseignement par correspondance

**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 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, Sous-Ingénieur et Ingénieur.  
C. A. P. : Préparation aux C. A. P. de Dessin, Électricité, Ajustage.

**BATIMENT** Cours de Commis, Métreur et Technicien.

**CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES** Cours de Monteurs, Techniciens, Dessinateurs, Sous-Ingénieurs.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens, de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques de l'Aéronautique et d'Ingénieurs militaires des Travaux de l'Air.

**MARINE MARCHANDE** Préparation à l'examen d'entrée dans les Ecoles Nationales de la Marine marchande. Préparation au brevet d'officier mécanicien de deuxième classe.

**MARINE MILITAIRE** Préparation aux Ecoles de Maîtrance et d'Élèves Ingénieurs Mécaniciens.

**T. S. F.** Préparation aux carrières de la Radio, P. T. T., Aviation, Marine, Colonies, Construction industrielle, Dépannage.

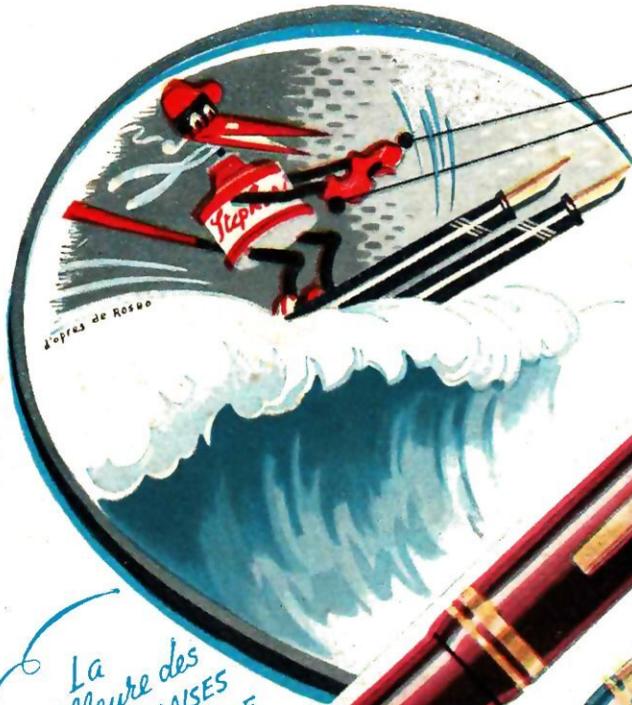
Envoi franco du programme de chaque section contre 10 fr. en timbres ou mandats pour les Colonies et l'Étranger

# Stephens'



**SON FLACON ENCRIER**

★ A NIVEAU CONSTANT ★



*d'après de Rosuo*

*La  
meilleure des  
ENCRES ANGLAISES  
fabriquée en FRANCE*



EXTRAIT de "SCIENCE et VIE"



Le système breveté du STEPHENS' ROYAL, en supprimant toute pression verticale, évite tout danger d'abîmer les becs de la plume. Un simple effort dans le plan horizontal : immerger la plume dans l'encre, dévisser la tête du stylo, revisser et attendre cinq secondes : le stylo est rempli.

# Stephens'

*Le stylo qui a du style*



**ROYAL**

PIPO

**COMPAGNIE DES ENCRES**

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2.625.000 FRANCS

37 RUE DEGUINGAND

LEVALLOIS-PERRET (SEINE)