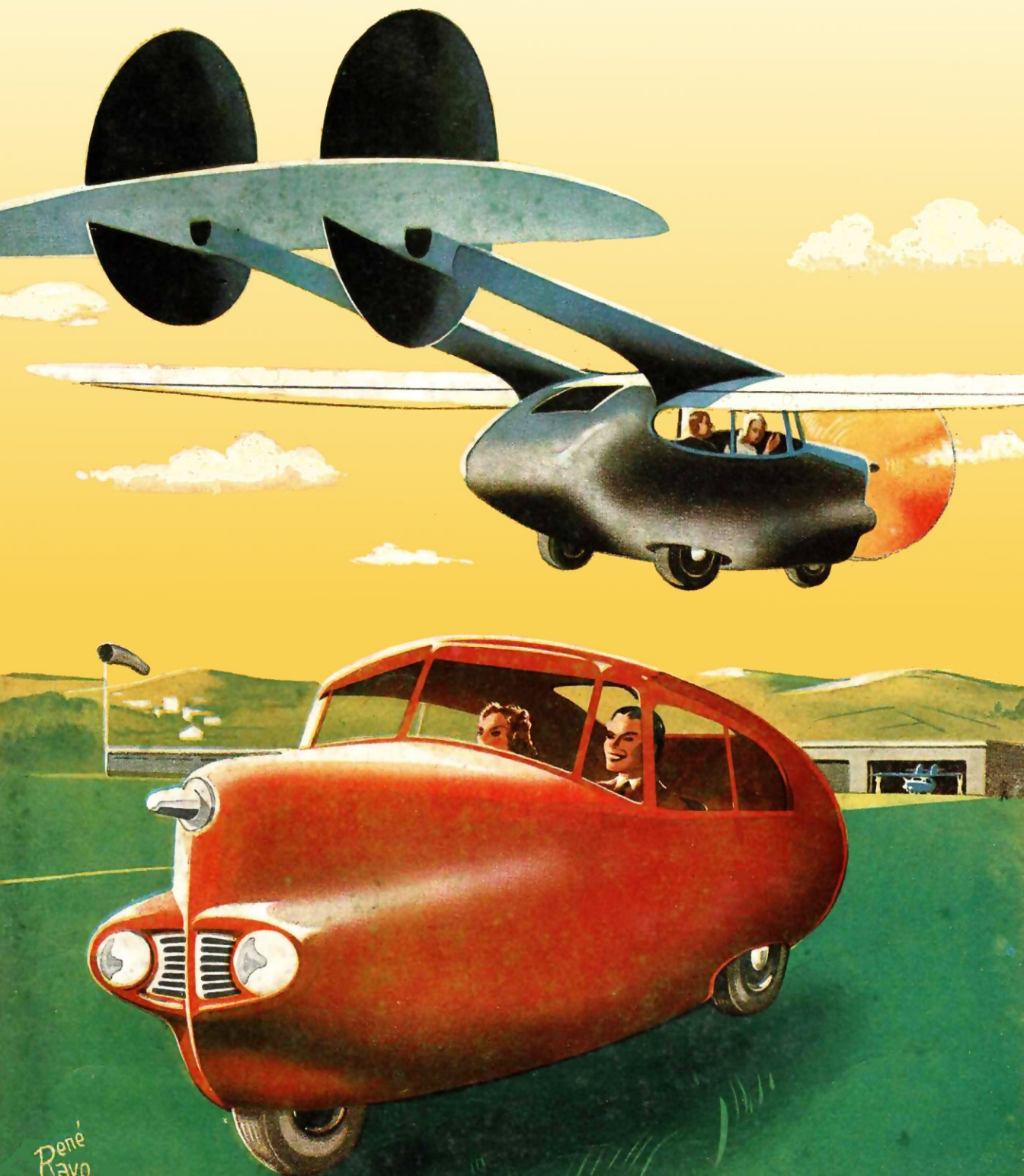


SCIENCE ET VIE

FÉVRIER 1947

N° 353

28 Fr. 50



René
Rivo

Bénéficier...

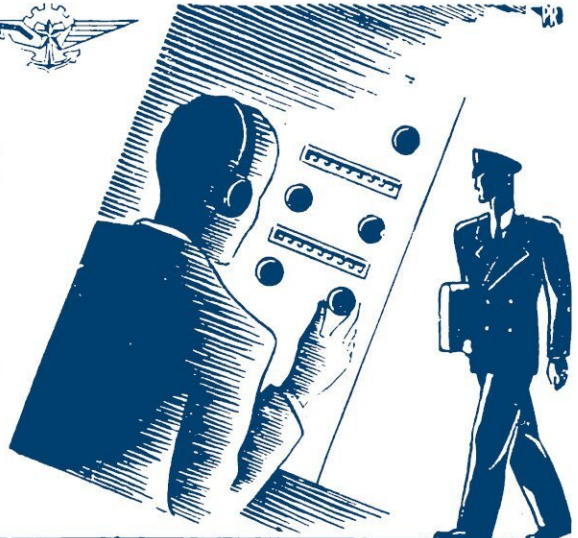
toute votre vie du renom d'une
Grande Ecole Technique

Devenez...

un de ces spécialistes si recher-
chés, un technicien compétent,

En suivant...

les cours de l'



ECOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR
OU PAR CORRESPONDANCE

Demander le Guide des Carrières gratuit

VOUS POUVEZ EN FAIRE AUTANT...



Croquis par un jeune
élève débutant après
quelques mois d'études
du **DESSIN FACILE**

En suivant par correspondance chez
vous, à temps perdu, le nouveau et célèbre
cours "LE DESSIN FACILE" dans lequel
Marc SAUREL a mis toute l'expérience acquise
au cours de 35 années de pratique et de succès.

★ Cette jolie brochure illustrée
SV93 de 16 pages, véritable ini-
tiation à l'art charmant du dessin,
vous sera envoyée sans aucun
engagement de votre part contre
12 Frs en timbres.



"LE DESSIN FACILE"

11, RUE KEPPLER - PARIS (16^e)



LE REMPLISSAGE TOTAL
EST DEVENU UN JEU,
GRÂCE AUX BREVETS
DES USINES FRANÇAISES
STYLOMINE
POMPAGE IDEAL VISIBLE
POUR REMPLIR TOTALEMENT
& PRESSIONS SUFFISANT
LE 303 EST LE STYLO DES CONNAISSEURS



LA GRANDE MARQUE

STYLOMINE

HONORÉ L'INDUSTRIE FRANÇAISE

Vous ne trouverez pas le mot STYLOMINE au dictionnaire, c'est une marque déposée, en 1921 sous le N° 199.226



3 fois plus
adhésive...

ADHÉSINE A REPRIS SA
FABRICATION D'AVANT-GUERRE
Sa formule bien spéciale
à un pouvoir adhésif triple
de la colle blanche ordinaire

et le
FLEXO

vaut mieux qu'un pinceau pour amollir
la surface de la colle et pour l'étendre

Sans augmentation
de prix, tous les pots

ADHÉSINE
sont livrés avec un
FLEXO

B^o S. G. D. G. *Corrector*



Exigez bien un pot

ADHÉSINE

la triple colle blanche parfumée

Enfin un ouvrage complet sur les modèles réduits



PRIX : 210 frs

FRANCO CONTRE
MANDAT DE

240 frs

Sur ces prix,
baisse de 5 %

**UN OUVRAGE à la portée des débutants
TOUT EN RESTANT INTÉRESSANT ET TRÈS
DOCUMENTAIRE POUR L'AMATEUR AVERTI**

Aperçu de la table des matières

CHAPITRE I : AVIATION

- Analyse de construction.
- La construction (Carlingues, ailes, moteurs, etc.).
- Les détails (Hélices, échappements, réservoirs, etc.).
- La décoration (Cocardes et supports).
- Les maquettes légères (Carlingues, ailes, etc.).
- Documentation sur les divers types d'avions employés au cours de la guerre.

CHAPITRE II : PETITE AVIATION

- Les planeurs (Construction, fuselages, ailes, etc.).
- Avions volants (Fuselages et ailes, hélices, etc.).
- Les micromoteurs.

CHAPITRE III : MARINE

- Les navires anciens (Coques, entreponts, etc.).
- Navires de guerre (Détails, roofs, hublots, etc.).
- Armements (Tourelles).
- Modèles navigants (Moteurs, transmissions, etc.).
- Yachts et scharpies.

CHAPITRE IV : RADIO (Télécommande et autocommande).

CHAPITRE V : CHEMIN DE FER

- Formules électriques.
- Le circuit (Voies, réseaux divers, etc.).
- Signalisation du réseau (Commande à distance).
- Les locomotives (Classification, entretien, etc.).
- L'art de photographier les maquettes.

**UN OUVRAGE DE 224 PAGES
ABONDAMMENT ILLUSTRÉES
SOUS COUVERTURE 4 COULEURS**

VENTE EXCLUSIVE POUR LA FRANCE

SCIENCES et LOISIRS

17, av. de la République, PARIS-XI^e
C. C. P. PARIS 3793.13

Tous les ouvrages techniques
et de vulgarisation scientifique
Catalogue général N° 12 contre 15 frs en timbres

QUALITÉ D'AVANT GUERRE



**SPLENDIDES APPAREILS
FRIGORIFIQUES
ÉLECTRIQUES
AUTOMATIQUES**

Pour besoins domestiques :
170 et 180 LITRES

Pour pensions de famille,
restaurants, cantines:
450 et 500 LITRES

Pour tous commerces
1 M³ 200 et 2 M³

Tous renseignements franco

GLACIÈRES A GLACE

Le Froid National

BUREAUX :

**I, RUE DE STOCKHOLM, I
PARIS (Métro Gare St-Lazare) LAB. 31-08**

*Le Cordon Élastique
de téléphone*
ELASTOPHONE



BREVETÉ

300%

Extensible

est tellement pratique!

un câble
et
c'est tout

Toute
correspondance

ELASTOPHONE

12 rue Y. Simon

SAINT-ETIENNE

TÉL: 39-48

Tous renseignements
sur demande

Câbles pour tous appareils



LE TÉLÉPHONE IDÉAL

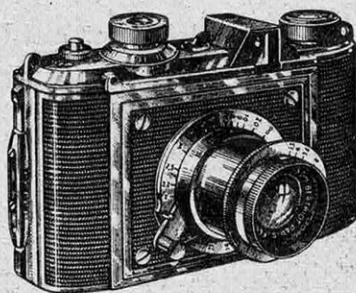
en haut-parleur

INTERCOMMUNICATION TOTALE



- INTERVOX -

135, avenue du Général-Michel-Bizot
DID. 03.92 **PARIS (XII^e)**



**PHOTO
CINÉ
RADIO**

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE, PARIS 9^e

Catalogue T - 10 frs Fco

JEUNES GENS III

sans quitter votre emploi actuel

ASSUREZ VOTRE AVENIR !

CHOISISSEZ UNE CARRIERE REMUNERATRICE !

LA RADIO manque de spécialistes

**Il faut des RADIOTECHNICIENS dans
l'ARMÉE, l'AVIATION, la MARINE**

l'INDUSTRIE, le COMMERCE, l'ARTISANAT

Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur

Cours de tous les degrés sous leur direction

Préparation aux diplômes officiels

PLACEMENT ASSURÉ



ÉCOLE PRATIQUE

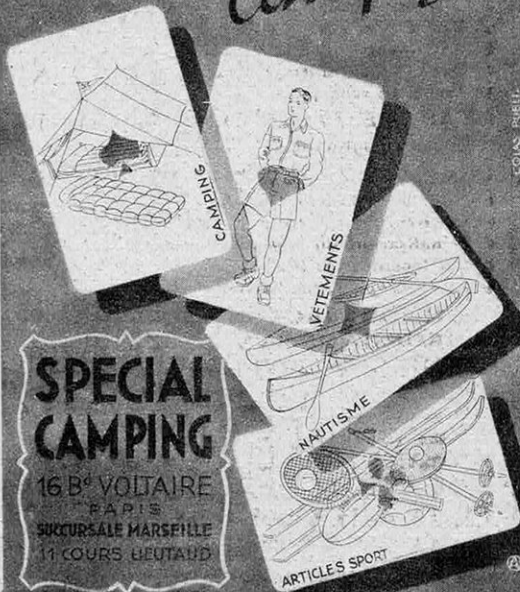
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone - PARIS-VII^e

Cours par correspondance

Demandez notre documentation gratuite N° 45

Campez...



**SPECIAL
CAMPING**

16B^e VOLTAIRE
PARIS
SUCURSALE MARSEILLE
11 COURS BEUTHAUD

TARIF VETEMENTS OU CAMPING . 5 F

Les cours par correspondance

DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

la plus importante du monde

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, A TOUT AGE, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

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

BROCHURE L. 19.060. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 19.061. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 19.062. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 19.063. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 19.064. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 19.065. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 19.066. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 19.067. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 19.068. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 19.069. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 19.070. — CARRIÈRES DE L'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 19.071. — CARRIÈRES DE LA MARINE DE GUERRE.

BROCHURE L. 19.072. — CARRIÈRES DE LA MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 19.073. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, Bibliothèque, etc...).

BROCHURE L. 19.074. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

BROCHURE L. 19.075. — ARTS DU DESSEIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

BROCHURE L. 19.076. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 19.077. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 19.078. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

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

ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS

D'UNE ANNÉE SUR L'AUTRE



des fruits
BIEN PLUS GROS
ET BIEN PLUS NOMBREUX

...GRACE A LA MÉTHODE MAPIC

Injection souterraine rigoureusement dosée d'engrais soluble à l'aide du PAL MAPIC.

Travail rapide et facile. Résultats visibles dès la première année.

Consommation d'engrais réduite.

Demandez l'envoi de la notice "Fruits et Légumes" VA



MAPIC

STE JAF

100, B^D PEREIRE, PARIS-17^E - ETO 07-54

1908

PUBLICIS

VENTE PAR
CORRESPONDANCE



AU SEC
AU CHAUD
A L'AISE
DANS UNE
CANADIENNE

DOUBLÉE
MOUTON
PLEINE
PEAU

V9J



Valentin

LE ROI DES CAOUTCHOUCS

6 Avenue de CLICHY-Metro Pl. Clichy
158 Rue LAFAYETTE-Près G. du Nord

LYON ROUEN LILLE STRASBOURG

Demandez
le Catalogue
illustré
N° 4

BOR

CRITERIUM

LE CRAYON MÉCANIQUE

*Pour le bureau,
le dessin*

Une
simple
pression
libère
la mine.

BP
1836



**Gilbert &
Blanzky-Poure**

FABRICANTS EXCLUSIFS DE LA PLUME
SERGENT - MAJOR

DESSINER

c'est amusant
et ça rapporte

Les bons dessins sont rares, recherchés et bien payés.

Quelle que soit votre occupation actuelle, le dessin peut vous rapporter des gains supplémentaires. Il peut même être pour vous le début d'une nouvelle carrière dans l'illustration, la publicité, la mode, le dessin humoristique, la décoration, le portrait, etc...

L'École A. B. C. vous enseignera le dessin par correspondance, d'une manière à la fois amusante et pratique, que vous habitiez une grande ville ou le plus petit des hameaux. Dès la première leçon, vous ferez des dessins qui vous étonneront. Vous n'auriez jamais pensé obtenir de tels résultats aussi rapidement.



*Cet amusant croquis
a été pris sur le vif
par un de nos élèves.*

La caractéristique de la méthode est de faire travailler tout de suite d'après nature, objets, animaux, personnages, paysages.

DEMANDEZ LA NOUVELLE BROCHURE DE RENSEIGNEMENTS

Un luxueux album abondamment illustré est offert gratuitement pour vous renseigner sur la méthode, le programme et les cours de

spécialisation. Vous trouverez une documentation complète ainsi que le témoignage de nombreux élèves enthousiastes et reconnaissants. En écrivant, donnez-nous des détails; avez-vous déjà dessiné? Quel but voulez-vous atteindre? (Joindre 9 francs pour frais.)



*Ce très bon croquis
d'élève est remarquable
par la justesse du
mouvement.*

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

(Studio A 27), 12, rue Lincoln, PARIS (8^e)

Il existe un cours par correspondance spécial pour enfants de huit à treize ans. Demander l'album *Enfants*.

5 GAMMES



LE POSTE QUI A ÉTONNÉ

3 BANDES O. C. ÉTALÉES
ÉMETTEURS AMÉRICAINS
Plus de 200 stations reçues
PRÉSENTATION INÉDITE
TECHNIQUE NOUVELLE
GARANTIE TOTALE
3 MODÈLES 5 lampes portatif
5 GAMMES 6 lampes multiples
altern. et tous courants

Demandez documentation illustrée - Joindre timbre

RADIO-SEBASTOPOL

100 B^d SEBASTOPOL PARIS

FURNITUREUR OFFICIEL
DE LA PTT. PREFECTURE. INCF. G^{de} ADMINISTRATION



Un poste de radio gratuit

Comme avant la guerre...

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

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

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

Documentation gratuite affranchie philatéliquement sur demande :

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
51, BOULEVARD MAGENTA · PARIS 10^e

CH. LEMONNIER,
95

*Contre la pluie
et l'humidité...*

ASFEUTROÏD
PROTÈGE EFFICACEMENT
et POUR LONGTEMPS
C'est la couverture
ou le revêtement
le plus ÉCONOMIQUE
En vente chez votre marchand de
matériaux et chez votre Quincaillier.

L'ASFEUTROÏD
le feutre asphalté solide

USINE A
MONTSOULT

216, RUE LECOURBE. PARIS 15^e

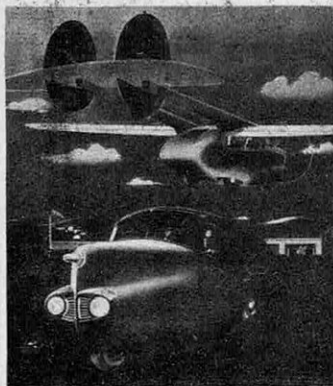
SCIENCE ET VIE

Tome LXXI - N° 353

Février 1947

SOMMAIRE

- ★ Les « Aérautos », par E.-M. Bornecque..... 55
- ★ La mutation expérimentale, par Jean Rostand..... 61
- ★ Avion contre navire : la bombe-torpille, par Camille Rougeron. 71
- ★ Télévision et radiophonie sur onde unique, par André Belleix. 81
- ★ L'hélicoptère peut-il réaliser l'appareil de tourisme idéal ?
par le colonel M. Lamé..... 87
- ★ Barrages souterrains, par Marcel Montamat 96
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor 101



L'avantage de l'avion commercial ou privé sur les engins de locomotion terrestre réside avant tout dans sa vitesse élevée qui permet au voyageur d'abréger ses temps de déplacement. Malheureusement, les aérodromes sont en général assez loin des villes, et l'usager risque de perdre une partie importante du temps gagné dans l'attente d'un moyen de transport susceptible de lui faire parcourir la distance restant entre l'aérogare et son point final de destination. Certains inventeurs ont cherché à libérer le voyageur de cette sujétion d'emprunter deux véhicules différents, en réalisant des avions susceptibles, par une simple et très brève transformation effectuée dès l'atterrissage, de se déplacer sur route. Voilures amovibles ou repliables, carrosseries mixtes air et terre sont les principales caractéristiques des solutions proposées par ces inventeurs. La couverture de ce numéro représente l'« aérauto » réalisé au Texas par la Southern Aircraft Division, appareil à voilure amovible qui présente à terre les caractéristiques d'une voiture automobile normale à trois roues. (Voir notre article p. 55 de ce numéro.)

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne.
Administration, Rédaction : 5, rue de La Baumé, Paris (VIII^e). Téléphone : Elysées 26-69 et Balzac 02-97.
Publicité : 24, rue Chauchat, Paris (IX^e). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris.
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright, by « Science et Vie », février mil neuf cent quarante-sept.

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 300 francs — 5 % = 285 francs.
Recommandé : supplément, 100 francs. Étranger : 400 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 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.

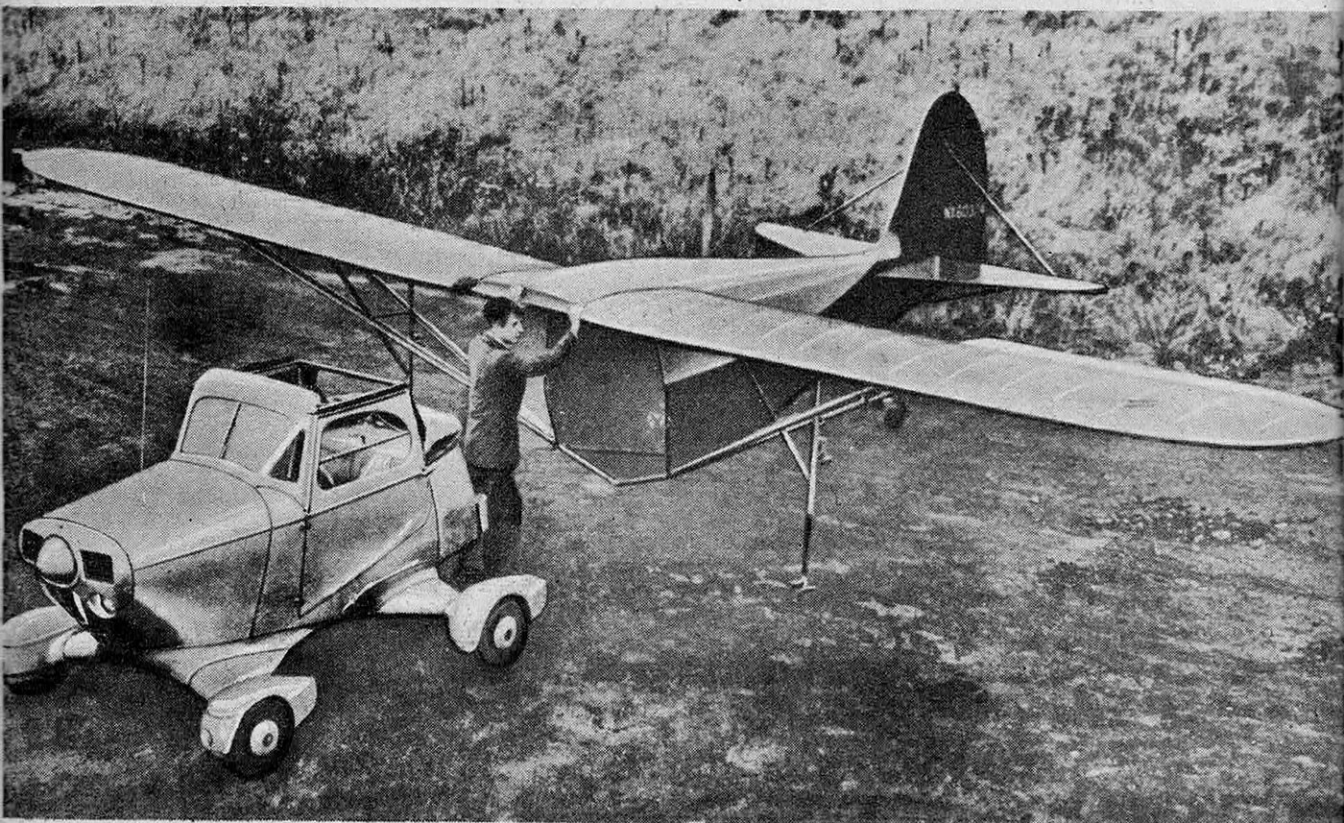
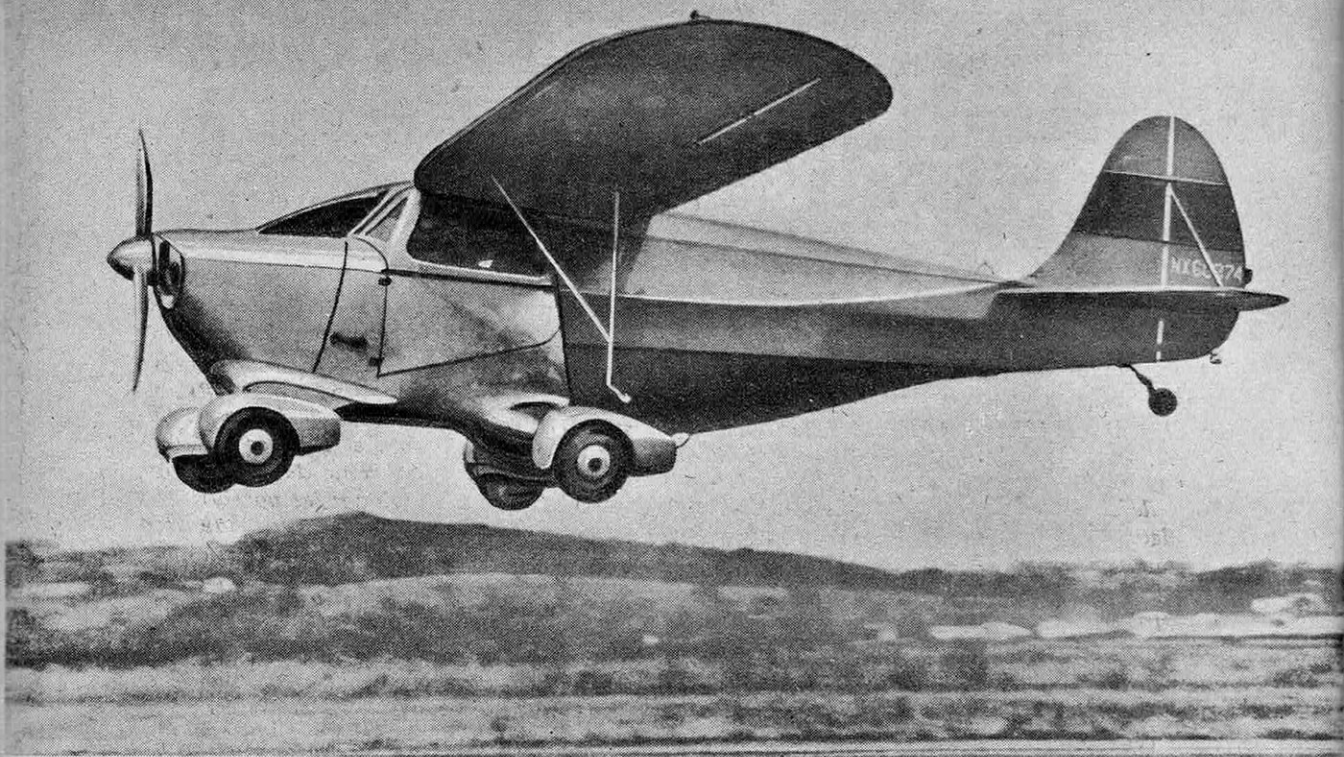


FIG. 1 ET 2. — L'« AIRPHIBIAN » DE ROBERT-E. FULTON

Un seul homme peut accomplir la manœuvre qui consiste à séparer la voiture, extrêmement légère, et l'hélice du fuselage constitué par une voiture automobile, en aluminium.

LES "AÉRAUTOS"

par E.-M. BORNECQUE

Sur terre et dans les airs, les véhicules à moteurs ont suivi des lignes de développement indépendantes. Dans chacun de ces domaines, ils ont gardé leurs sujétions propres, dont ils ne peuvent se libérer. L'engin terrestre, rarement amphibie, est lié au sol et, sur le sol, aux routes (1) ; même sur les autostrades, il ne saurait pratiquement dépasser de beaucoup quelque 100 ou 120 km/h. L'avion, en apparence « libre comme l'air », et qui accède aux plus grandes vitesses, est, en réalité, assujéti à des aérodromes. Il est donc dans la ligne normale de l'évolution que l'on ait songé, depuis assez longtemps, à combiner les possibilités des deux types d'engins dans des appareils composites capables de rouler sur la chaussée des routes comme de véritables automobiles et de voler à l'instar des avions. La construction de tels engins soulève des problèmes nombreux et ardu. Quelques réalisations, encore incomplètes, ont été tentées ; l'avenir montrera sans doute des solutions beaucoup plus audacieuses.

C'EST un lieu commun aujourd'hui de célébrer la rapidité des voyages aériens. Encore est-on d'accord pour reconnaître cette qualité à la seule partie du voyage parcourue effectivement en avion, de l'aérodrome de départ à celui d'arrivée. Or, en toute rigueur et en toute justice, la vitesse moyenne d'un déplacement se calcule du moment où l'on quitte son lieu d'origine à celui où l'on arrive à son lieu de destination, et doit donc

tenir compte des trajets de liaison avec l'aérodrome, au départ et à l'arrivée, et des délais divers imposés aux transbordements. Cette vitesse moyenne est ainsi très sensiblement réduite, au point que, pour le parcours de distances assez courtes, l'emploi de l'avion perd tout intérêt.

(1) Voir : « La France sera dotée d'un réseau d'autoroutes à grand rendement » (*Science et Vie*, n° 288, août 1941) ; « Comment l'Amérique conçoit la route » (*Science et Vie*, n° 344, mai 1946) et « La route dans la paix et dans la guerre » (*Revue de défense nationale*, juin 1946), par E.-M. Bornecque.

Sur les aérodromes importants, utilisés par les lignes régulières de puissantes compagnies, l'organisation de services rapides de transports routiers pourra remédier dans une certaine mesure à cette situation. Il ne peut en être de même sur les aérodromes et les terrains secondaires, fréquentés surtout par les appareils des services à la demande et les appareils privés. On y perdra souvent un temps considérable à

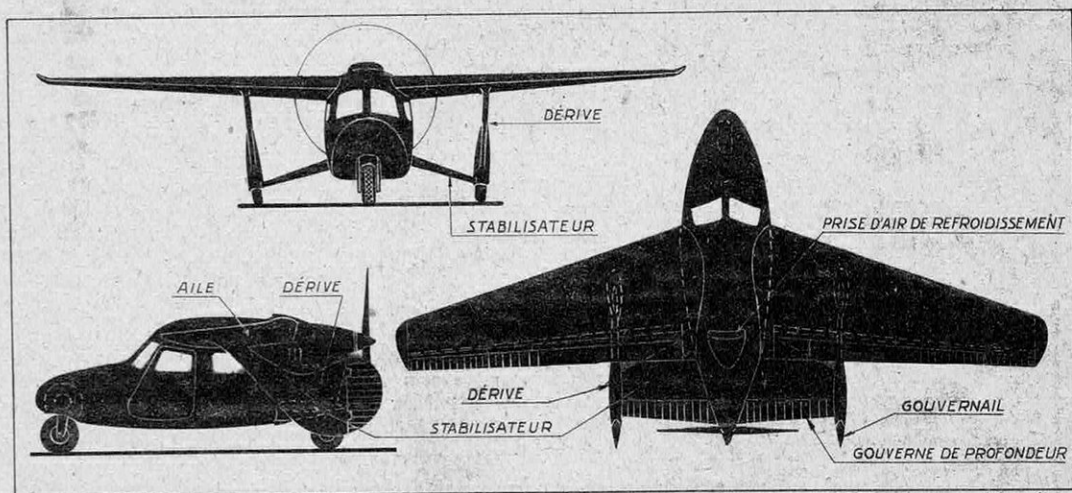


FIG. 3. — L'AÉRAUTO DE M. CHALAOUX

C'est la conception la plus moderne de l'aérauto : avion sans queue, mais stabilisé, pouvant être piloté exactement comme un avion classique malgré une disposition inusitée des différents plans. Les ailes sont repliables grâce à des articulations à rotules avec verrouillages rapides, et les dimensions n'excèdent pas, dans cette position, 4,5 m de long, 2,6 m de large et 2 m de haut.

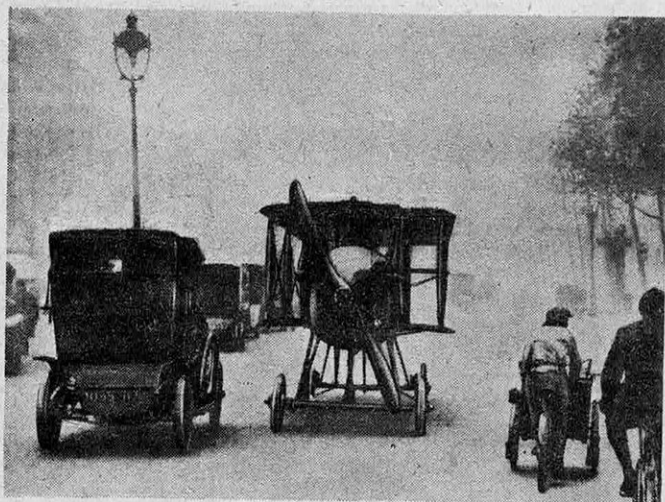
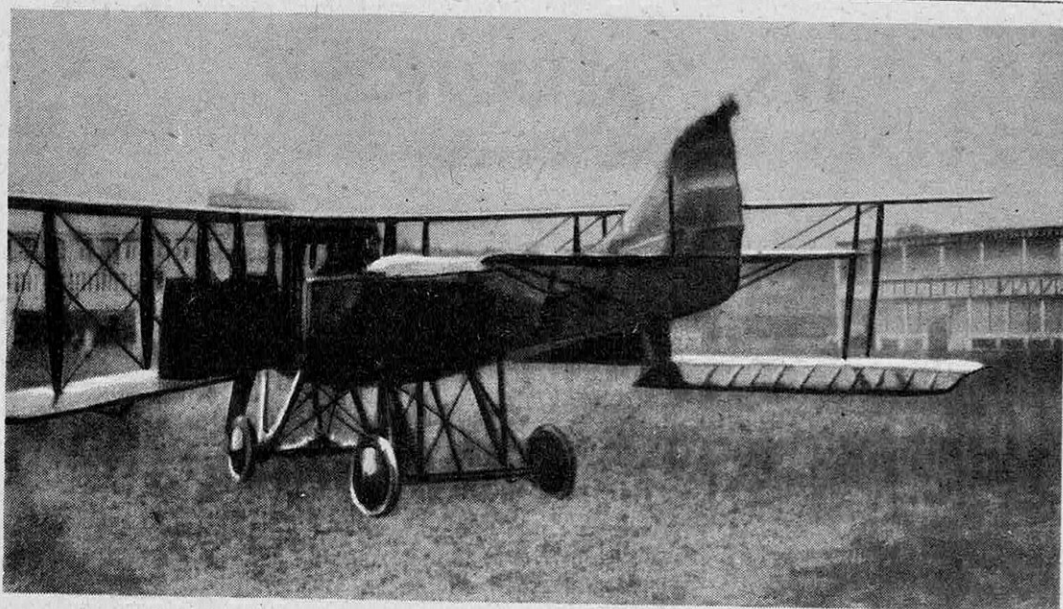


FIG. 4 ET 5. — L'AVION-AUTO DE
M. TAMPIER

Les ailes de ce biplan, articulées à leur base, se repliaient en arrière contre la carlingue, de sorte qu'on pouvait voir cet appareil circuler dans les rues de Paris, mêlé à la file des voitures.

la recherche d'une voiture pour faire les derniers 30 à 50 kilomètres du voyage. La solution du problème est représentée d'une part par l'hélicoptère (1) qui, relativement lent, convient bien pour les courtes distances, mais sur lequel nous ne nous étendrons pas ici, d'autre part par l'appareil « amphibie », au sens large du terme, désignant un engin apte à se déplacer indifféremment dans l'air et sur l'eau, ou dans l'air et sur terre. En effet, une première solution du problème, très particulière, est fournie par l'hydravion. Il est plusieurs régions du globe, tels les Grands Lacs américains ou certaines côtes abritées et découpées, ou certains territoires coloniaux, dans lesquelles l'absence d'aérodromes et la multiplicité des plans d'eau calme justifient ou exigent l'emploi d'hydravions, soit pour les liaisons locales, soit pour le tourisme

(2) Voir : « L'avenir de l'hélicoptère » (Science et Vie n° 343, avril 1946 et dans le numéro page 87).

aérien. Plusieurs constructeurs américains ont conçu dans ce but des modèles d'hydravions de tourisme qui connaissent la faveur du public.

Quant à la réalisation d'engins convenant à la fois à la route et à l'air, ce que l'on a appelé des « aéroautos », elle est particulièrement délicate. D'une part, le même moteur peut difficilement être employé pour la propulsion au sol et dans les airs, car la puissance nécessaire au vol est bien supérieure à la puissance suffisante au déplacement sur route ; d'autre

part, il est obligatoire de prévoir pour l'atterrissage une qualité de pneus, une course et une puissance d'amortisseurs, enfin une structure de la cabine susceptible d'encaisser les efforts qui ne correspondent pas à l'emploi d'un véhicule automobile normal. Ces nombreuses difficultés expliquent pourquoi cette réalisation n'a guère jusqu'à présent tenté de grandes firmes de constructeurs d'avions, et à peu près seuls des amateurs s'y sont essayés. Il est intéressant de passer en revue quelques-unes de leurs suggestions.

L'aéroauto française

On peut rappeler tout d'abord les curieux et intéressants engins de Leyat et Tampier qui ont circulé dans les rues de Paris, bien avant la guerre, dotés d'ailes repliables et pourvus de deux moteurs, l'un pour la route, l'autre pour l'air (fig. 4 et 5).

Plus récemment, après un premier projet

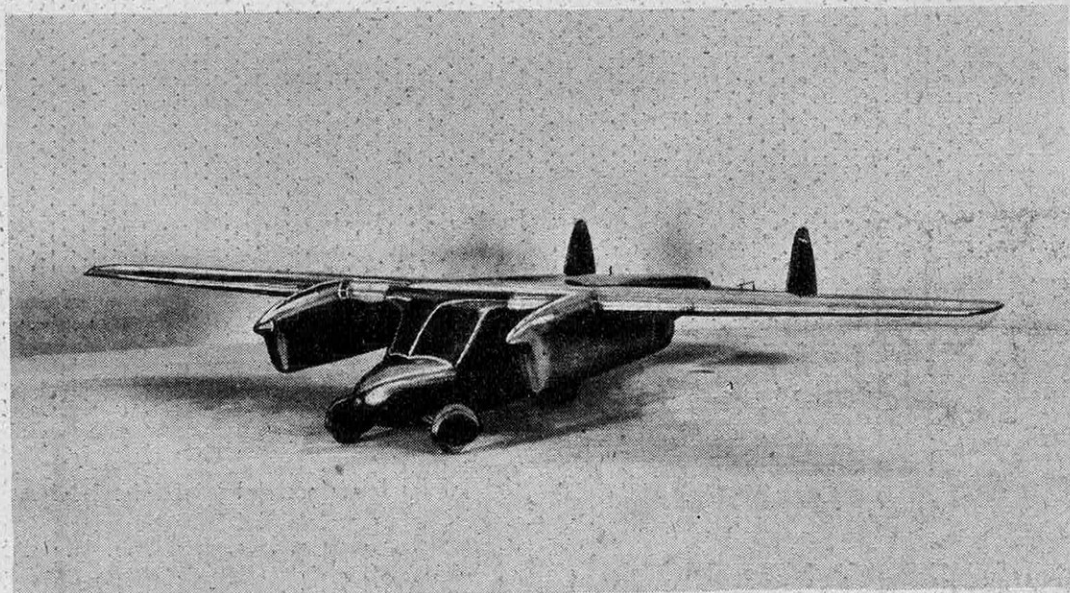
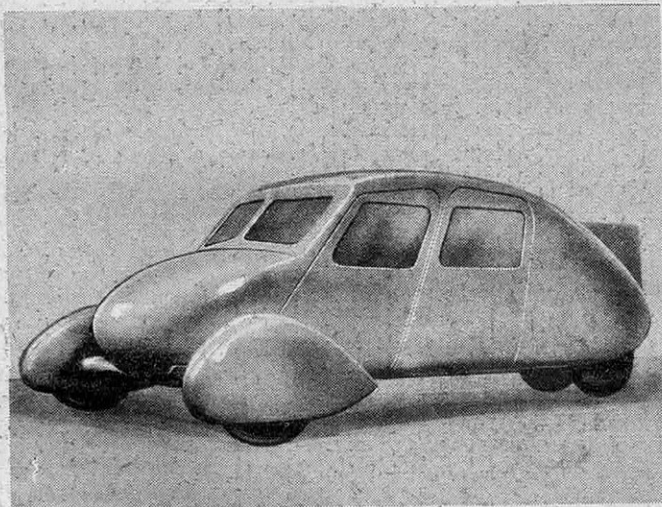


FIG. 6 ET 7 — L'AVIAUTO DE M. DE LA FOURNIÈRE

Dans cet appareil, l'avion et l'auto sont entièrement distincts, la voiture ayant un moteur indépendant de ceux de l'avion; mais la voiture sert de cabine de pilotage à l'avion, l'accouplement et le désaccouplement s'effectuant en moins de cinq minutes.

d'automobile accouplée à un avion (monoplan bimoteur), M. de la Fournière, ingénieur de la S. N. C. A. C., a conçu un projet d'avion transformable, monoplan bimoteur de 13,70 m d'envergure dont la partie avant du fuselage peut être remplacée soit par des carlingues aménagées spécialement pour le tourisme aérien, pour le transport des blessés, du courrier, du fret, etc., soit par une voiture automobile à cinq places. Les commandes de l'avion, repliables dans l'aile, pénètrent dans le fuselage ou dans la voiture par son toit ouvrant (fig. 6, 7 et 8). L'avion peut être équipé soit d'un train d'atterrissage normal entièrement indépendant de la voiture automobile, soit d'un train tricycle dont la roue avant, portée par le châssis de la voiture automobile, se replie sous le capot de celle-ci. Le moteur de la voiture ne constitue pas en vol un poids mort inutile: il sert de moteur auxiliaire pour le chauffage, le dégivrage, l'éclairage, l'alimentation du poste de radio, etc. Avec deux moteurs de 200 ch, les performances sont: pour l'appareil équipé avec un fuselage normal: vitesse maximum 320 km/h, vitesse de croisière 280 km/h; pour l'aviauto: vitesse maximum 300 km/h, vitesse de croisière 265 km/h. Le plafond pratique est de 7 000 m. L'automobile, d'un poids de 450 kg, avec un moteur de 32 ch (1),

(1) La puissance de 32 ch indiquée est la puissance réelle; elle correspondrait donc à une puissance fiscale de 6 ch environ.



atteint 110-115 km/h. Elle présente toutes les qualités d'une voiture légère de série normale, au point de vue dimensions intérieures, confort et tenue de route.

L'ingénieur Chalaoux a conçu le projet d'une aéroauto sans queue à trois roues, aux ailes hautes et repliables. D'envergure 9,40 m, elle ne mesure plus, ailes repliées, que 4,50 m de long, 2,60 m de large et moins de 2 m de haut (fig. 3). Cet appareil doit donc permettre à ses occupants de quitter l'aérodrome où il se sera posé par les seuls moyens de bord et sans démontage préalable.

En tant qu'appareil volant, c'est un « sans queue » à voilure haute, en flèche accentuée au bord d'attaque et faible au bord de fuite, mais comprenant cependant un stabilisateur à dièdre négatif important, implanté à la partie inférieure arrière du fuselage (presque à l'aplomb du bord de fuite de l'aile) et muni de gouvernes de profondeur, et deux grandes dérives verti-

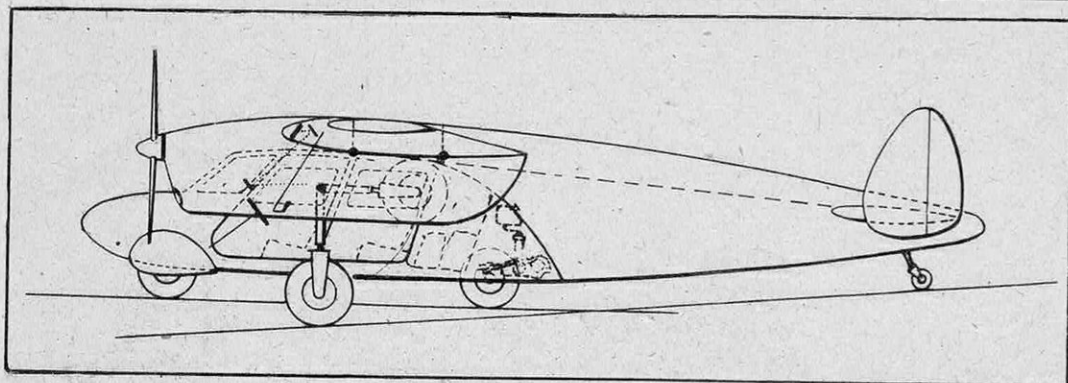


FIG. 8. — SCHÉMA DE L'AVIAUTO DE M. DE LA FOURRIÈRE

Cette figure montre comment la partie arrière du carénage de l'avion fait suite à celui de la voiture dont il épouse les formes : l'aérodynamisme de l'ensemble est tel que la vitesse de l'aviauto n'est inférieure que de 20 km/h à celle de l'avion constitué par la même voilure accouplée à un fuselage normal. Les commandes de l'avion pénètrent dans la voiture par le toit, le tableau de bord étant visible par un jeu de glaces ; toutes les manettes de manoeuvre des hélices, du train et des flappers sont placées dans l'aile ou dans le carénage, mais sont facilement accessibles de la place du pilote, qui est la même que celle du conducteur de la voiture.

cales reliant les ailes au stabilisateur, et dans lesquelles sont capotées les roues arrière, non escamotables. Quant à la roue avant, orientable, elle est éclipmée en vol dans le nez de l'appareil. Il s'agit donc d'une forme d'avion de conception entièrement nouvelle. La cabine, à deux places côte à côte, est confortable, à parois insonorisées ; elle comporte à l'arrière le berceau du moteur, un Renault de 140 ch qui

entraîne directement une hélice propulsive à pas variable située dans le plan de l'aile, qui sur la route est protégée par les deux dérives.

L'aéauto américaine

Aux U. S. A. existent actuellement plusieurs formules principales d'aéautos : l'appareil de la Southern Aircraft Division (de la Portable Products Corporation de Dallas, Texas) est consti-

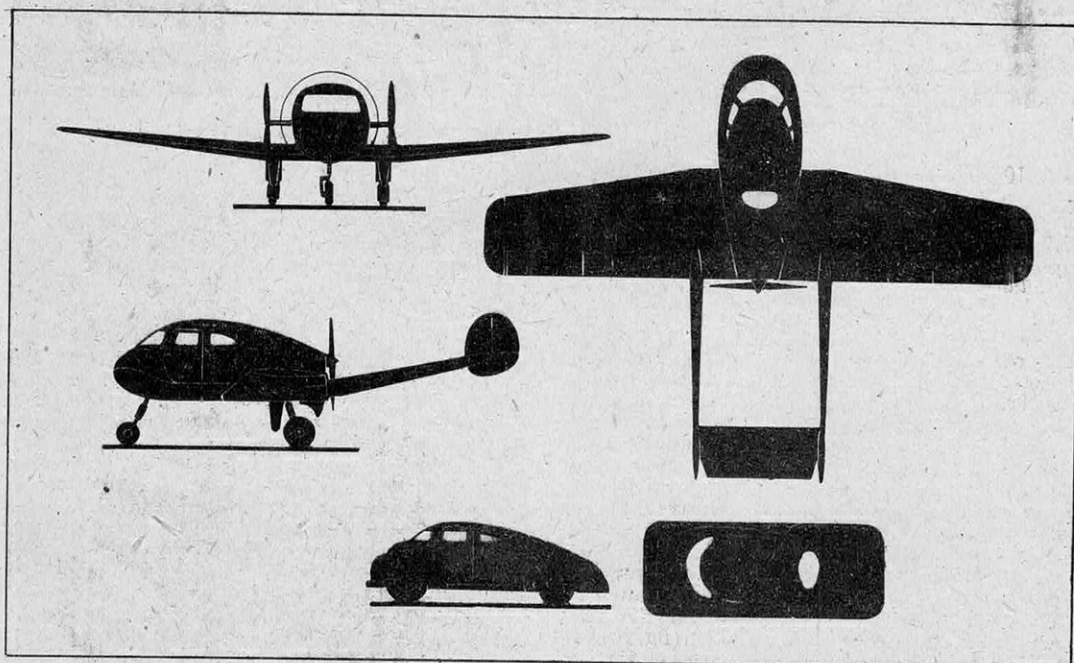


FIG. 9. — L'« AIR-CAR » DE H.-D. BOGGS

Cet appareil est plus complexe que les précédents, car seule la carrosserie est commune à l'avion et à l'automobile. En moins de cinq minutes, cette carrosserie peut être adaptée soit à un châssis automobile, soit à une voilure d'avion, avec un train d'atterrissage spécial.

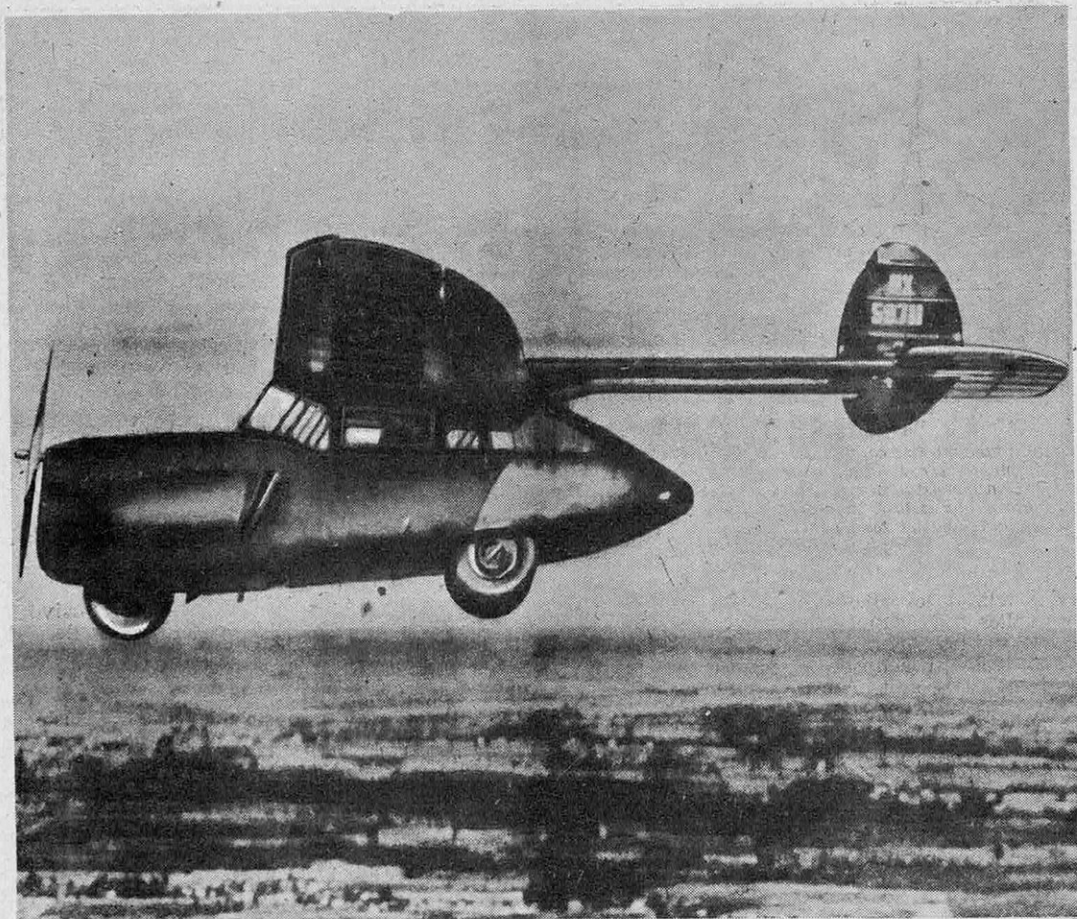


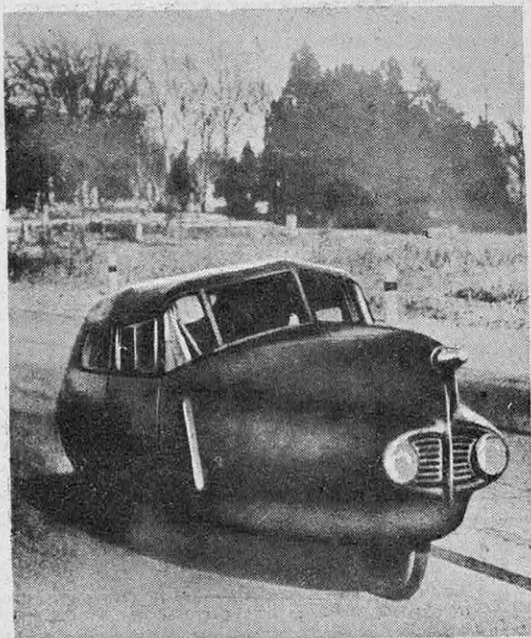
FIG. 10 ET 11. — L'AÉRAUTO DE LA SOUTHERN AIRCRAFT DIVISION EN VOL ET SUR LA ROUTE

Dans cet appareil, la voilure et l'hélice seules sont amovibles. Lorsqu'elles sont enlevées, il reste une voiture profilée à trois roues, dont les commandes sont absolument normales et dont la vitesse peut atteindre 100 km/h.

tué par un fuselage automobile à trois roues (dont deux arrière), équipé d'un moteur 6 cylindres de 125 ch à refroidissement par air, actionnant une hélice disposée à l'avant, et par une voilure amovible entoillée comprenant une aile de 9,14 m d'envergure et deux poutres portant l'empennage horizontal et deux dérives. En vol, la transmission aux roues motrices étant débrayée, la direction est assurée par des pédales supplémentaires et le volant remplit le rôle du manche à balai ; cet appareil, qui a déjà effectué quelques vols, peut atteindre une vitesse maximum de 205 km/h ; à la vitesse de croisière de 176 km/h, le rayon d'action est évalué à 500 km (fig. 10 et 11).

Une voiture analogue à trois roues et à voilure amovible de 12 m d'envergure, équipé d'un moteur de 75 ch, a été réalisée à San Diego (Californie) par Norman V. Davidson (fig. 12).

Il y a quelques semaines, un appareil à voilure amovible, l'« Airphibian », était expéri-



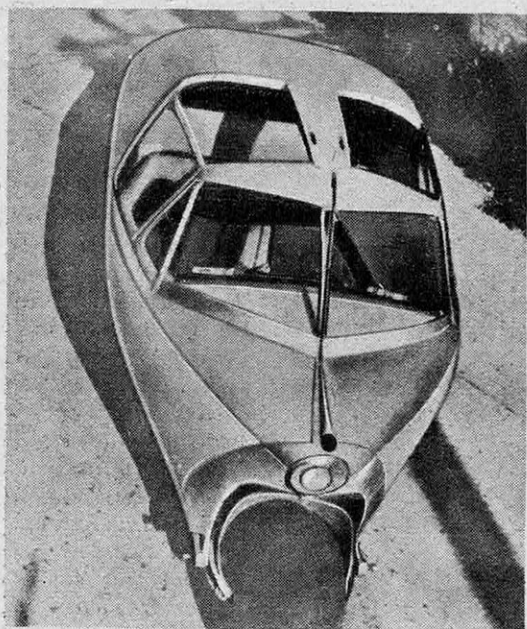


FIG. 12. — L'AÉRAUTO DE NORMAN-V. DAVIDSON

Tout à fait analogue à celui de la Southern Aircraft Division, cet appareil peut aussi être débarrassé de l'aérodrome de sa voiture et de son hélice pour devenir une simple voiture automobile gagnant la ville par ses propres moyens.

menté à Danbury (Connecticut, U. S. A.) par l'ingénieur Robert E. Fulton, descendant de l'inventeur du bateau à vapeur. C'est un monoplan léger de 150 ch, qui peut emporter deux passagers à une vitesse de 200 km/h et possède un rayon d'action de 600 km. Lorsqu'il est débarrassé des ailes, de la queue et de l'hélice — manœuvre qui peut facilement être exécutée par un seul homme — il reste une automobile en aluminium à quatre roues (fig. 1 et 2).

Le « Air-Car » de M. Boggs, de la Glenn L. Martin-Nebraska Co., comporte une carrosserie amovible pouvant être adaptée, en moins de cinq minutes, soit à un châssis automobile, soit à une voiture d'avion de 10,70 m d'envergure munie d'un train tricycle à roues principales arrière escamotables et d'un empennage porté par deux poutres (fig. 9). Avec un moteur de 145 ch à hélice propulsive, les performances escomptées sont : vitesse maximum 240 km/h, vitesse de croisière 210 km/h, rayon d'action 800 km. Cette formule suppose pour l'avenir que les aérodromes soient outillés pour mettre à la disposition du pilote privé arrivant par la voie des airs un châssis standard, sur lequel il pourra monter la carrosserie de son avion.

Enfin, citons un appareil composite, le « York Commuter », réalisé par la York Research Corpo-

ration de New York, consistant en une petite automobile légère (180 kg), qui peut être conduite par une rampe de chargement à l'intérieur de la cabine de l'avion bimoteur (poids 1 400 kg), dont les commandes peuvent être maniées par le chauffeur sans que celui-ci ait à quitter le siège de l'auto. L'avion ainsi chargé de l'automobile contenant deux passagers, ou un passager et 270 kg de bagages, a une vitesse maximum de 230 km/h, une vitesse d'atterrissage de 72 km/h (train tricycle) et, à la vitesse de croisière de 185 km/h, un rayon d'action de 960 km.

Mentionnons qu'un nouvel avion de liaison, le « Consolidated Vultee L-13 », actuellement fabriqué en série pour l'aviation américaine, a ses ailes repliables le long du fuselage et son stabilisateur relevable par moitiés, de façon à pouvoir être facilement pris en charge sur camion ou remorqué sur route; dans le même but, les roues principales peuvent se placer à l'intérieur de l'entretoisement du train, afin de diminuer la voie. On peut voir dans cette disposition une première étape vers la réalisation de l'appareil volant capable de se déplacer sur route par ses propres moyens.

Une « Jeep volante » a été expérimentée en Australie. Un fuselage et une hélice d'autogire seraient fixés à la Jeep qui, remorquée par un avion, pourrait ensuite en être détachée et atterrir sur une toute petite surface grâce à son dispositif autogire. Après l'atterrissage, le dispositif est enlevé facilement et la Jeep redevient une simple automobile.

De l'aéroauto au char volant

Le bénéfice de cette réunion de l'auto et de l'avion se retrouvera sans doute dans la stratégie militaire de l'avenir. Déjà pendant cette guerre les unités aéroportées de diverses nations étaient équipées d'avions et de planeurs remorqués susceptibles d'emporter un char. Il n'est pas interdit de prévoir l'existence d'aéronefs blindés à roues multiples susceptibles de se déplacer sur le sol en tous terrains et, après avoir accompli leur mission, de regagner par leurs propres moyens soit un terrain assez uni pour permettre leur décollage, soit un plan d'eau s'il s'agit d'un appareil amphibie.

En employant les mêmes données que pour les appareils classiques actuels, on peut calculer qu'un engin de ce type, représentant sur terre l'équivalent d'un char de 20 t, pèserait environ le double de ce poids, compte tenu des moteurs et de la voilure; en comptant une charge alaire de 250 kg/m², il lui faudrait donc avoir une surface portante de 160 m², soit une envergure de 35 m environ. Mais l'emploi de propulseurs de puissance spécifique supérieure et celui de fusées pour aider au décollage et à l'atterrissage permettront sans doute de réduire le poids et l'encombrement. On peut donc concevoir dès maintenant une stratégie et une tactique entièrement renouvelées par l'emploi d'engins du type char volant.

E.-M. BORNECQUE

On construit actuellement dans les chantiers navals de Norfolk (États-Unis) un pétrolier qui sera de loin le plus grand du monde; déplacement 27 000 t; longueur: 178 m; puissance: 13 300 ch; vitesse: 17 nœuds. Le plus grand pétrolier français, le *Palmyre*, déplace 21 400 t.

LA MUTATION EXPÉRIMENTALE

par Jean ROSTAND

*Le prix Nobel de physiologie vient d'être décerné au biologiste américain H. J. Muller pour ses travaux sur l'hérédité et, en particulier, pour les résultats d'importance capitale qu'il a obtenus dans le domaine de la « mutation » expérimentale. H. J. Muller appartient à cette « équipe de la Mouche » qui, sous la direction de T.-H. Morgan (à qui le prix Nobel fut attribué il y a treize ans), s'est attachée à l'étude des phénomènes d'hérédité chez la Mouche du vinaigre, *Drosophila melanogaster*, dont on a pu dire qu'elle a plus enrichi la biologie en quelque trente ans que n'avaient fait avant elle tous les autres êtres vivants. Les patientes et minutieuses investigations de ces chercheurs ont abouti à l'établissement de la théorie des chromosomes qui, après avoir été longuement controversée dans plusieurs pays, est aujourd'hui universellement admise et constitue un des fondements de la science moderne de l'hérédité, la génétique. L'étude des anomalies héréditaires apparaissant brusquement dans une lignée — les « mutations » naturelles — a permis de les rapporter à des variations soudaines, exceptionnelles et ne semblant obéir qu'aux lois du hasard, dans la structure chromosomique des germes, de localiser en de nombreux cas les éléments héréditaires, les « gènes », sur les chromosomes, de préciser leur nombre, leurs dimensions, et même d'entrevoir le mécanisme de leur action. H. J. Muller, en provoquant artificiellement de telles mutations par l'effet des rayons X, a ouvert un nouveau domaine de recherches qui s'annonce extraordinairement fécond ; de multiples chercheurs produisent aujourd'hui des mutations expérimentales, non seulement à l'aide des rayons X, mais encore des rayons ultraviolets, de la chaleur, de substances chimiques diverses, etc. On a pu invoquer les mutations spontanées pour rendre compte de l'évolution naturelle des espèces ; l'existence des mutations expérimentales laisse espérer que l'homme va bientôt pouvoir intervenir efficacement dans cette évolution en provoquant, suivant ses désirs ou ses besoins, des variations convenables dans le patrimoine héréditaire des espèces animales, végétales ou microbiennes qu'il exploite à des titres divers. Ainsi se trouvent illustrées d'un point de vue pratique les vues prophétiques du biologiste anglais Jennings, pour qui les mouvements des facteurs chromosomiques sont au moins aussi importants à connaître pour le progrès de l'humanité que les mouvements des planètes.*

On désigne sous le nom de mutation tout brusque changement héréditaire survenu dans une lignée d'êtres vivants.

Un grand nombre de caractères organiques, soit dans le règne animal, soit dans le règne végétal, se sont ainsi manifestés de manière soudaine. Sans qu'on sache pourquoi, l'on voit naître un jour, parmi une collection d'individus normaux, un individu de type aberrant, qui se montre capable de transmettre à sa descendance les conditions germinales de sa particularité. En pratiquant des croisements appropriés, inspirés des lois de Mendel (1), on pourra aisément tirer de cet exemplaire unique toute une race qui lui sera conforme.

La plupart des races d'animaux domestiques (chiens, chats, moutons, souris) ont été créées de la sorte par des éleveurs qui, avant même qu'on fût instruit des méthodes mendéliennes, savaient fixer les caractères héréditaires par l'application de procédés empiriques. Ce qu'on appelle créer une race, ce n'est point susciter la variation qui la caractérise, mais simplement profiter d'une variation donnée par la nature,

(1) Voir les articles sur la génétique et l'hérédité (*Science et Vie* n° 221, novembre 1935 ; n° 279, novembre 1940 ; n° 284, avril 1941).

et, d'une particularité individuelle, faire une particularité raciale.

Les faits de variation brusque ou mutation sont depuis longtemps connus des naturalistes, mais leur importance et leur signification n'ont été dégagées qu'à partir de 1901, quand le botaniste hollandais Hugo de Vries eut attiré l'attention des chercheurs sur certains changements soudains observés par lui dans ses cultures d'*Oenothères*. Puis, en 1910, ce furent les mémorables travaux de l'école de Morgan sur la Mouche du vinaigre (*Drosophile* à ventre noir), où des centaines de mutations bien distinctes furent décelées, chacune fournissant le point de départ d'une race nouvelle et constante.

Ces mutations de la *Drosophile* portent sur toutes sortes de traits, morphologiques ou physiologiques : sur la forme et la grandeur des ailes (ailes échancrées, tronquées, ballonnées, recourbées vers le haut ou vers le bas ; ailes miniature, ailes vestigiales, ailes à nervation anormale, etc.), sur la couleur du corps (ébène, jaune), sur la pigmentation et la forme de l'œil (vermillon, rubis, pêche, sépia, pourpre, abricot, blanc, réniforme, à surface rugueuse, atrophié, etc.).

Il convient d'ailleurs de noter que Morgan

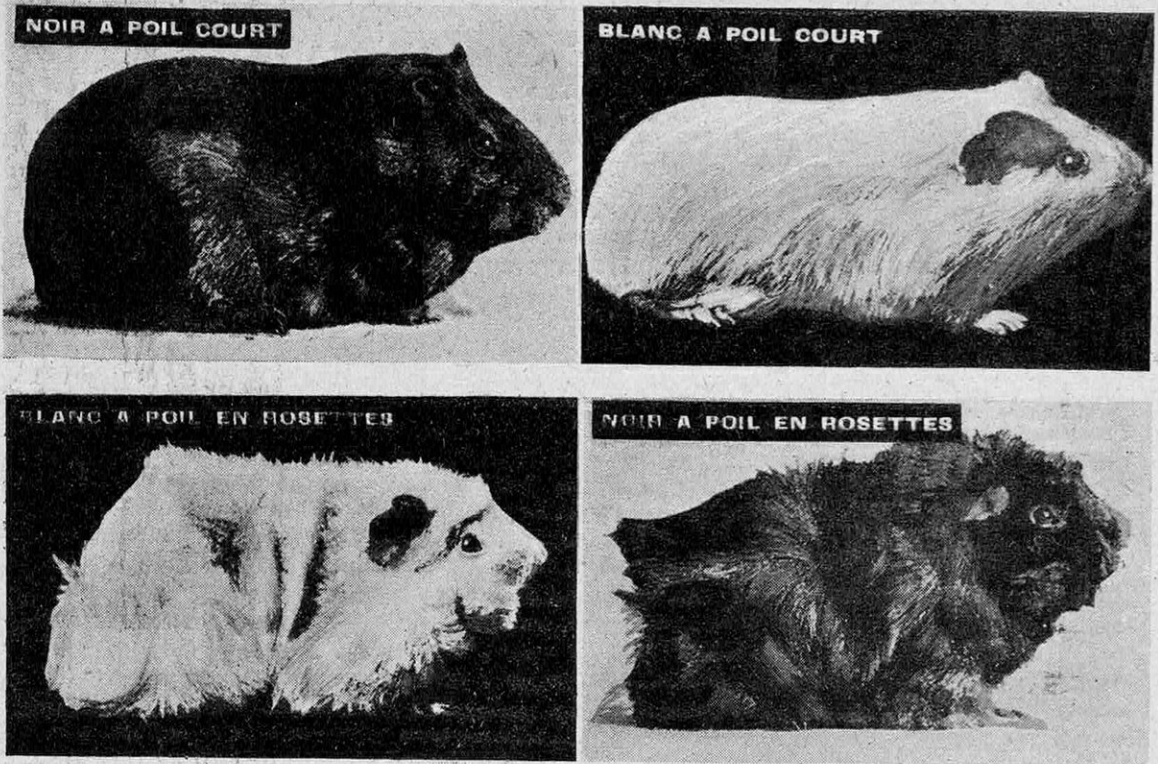


FIG. 1. — MUTATIONS DU COCHON D'INDE

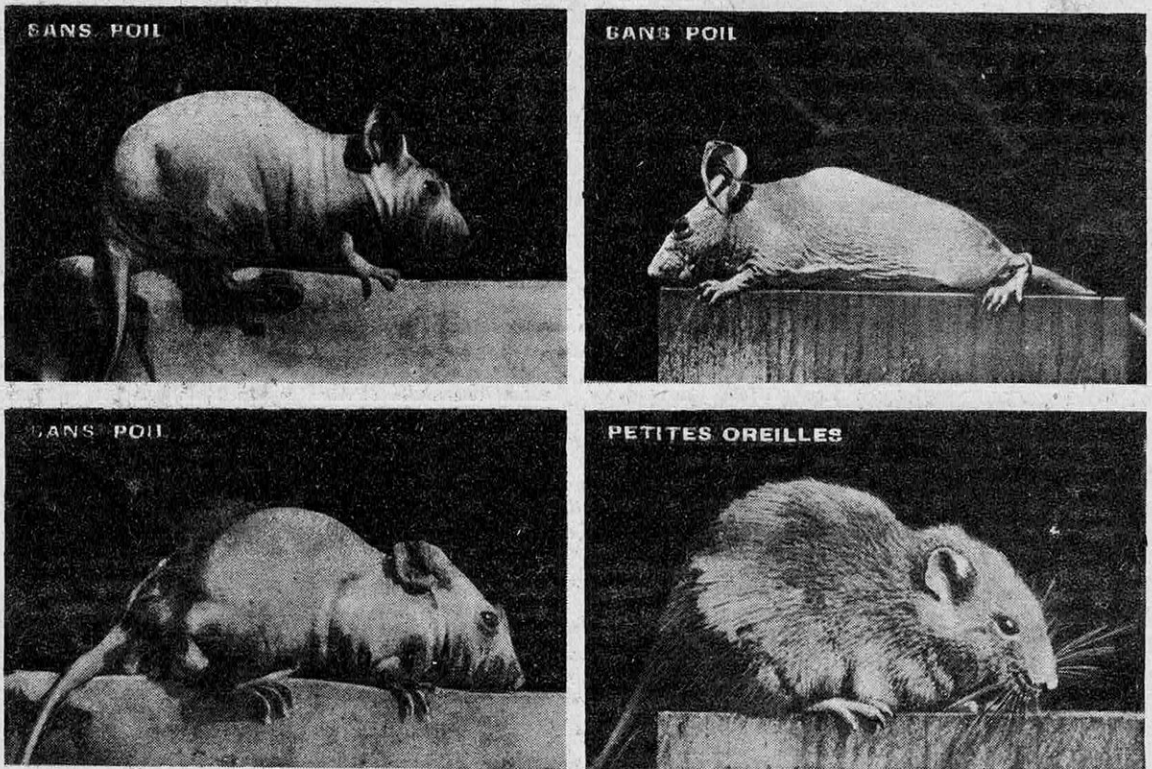


FIG. 2. — EXEMPLES DE MUTATIONS CHEZ LA SOURIS (D'APRÈS CLYDE KEELER)

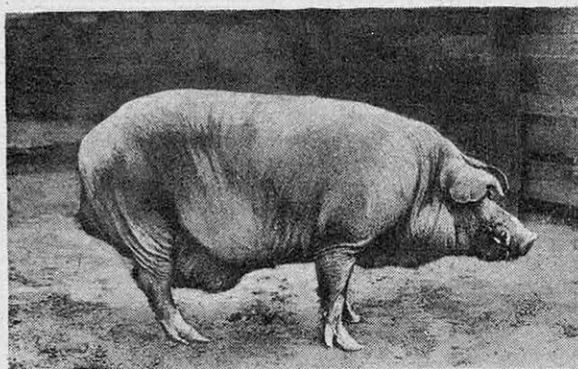


FIG. 3. — EXEMPLE DE MUTATION CHEZ LE PORC : PORC SANS POILS (D'APRÈS ELMER ROBERTS ET W.-E. CAROLL)

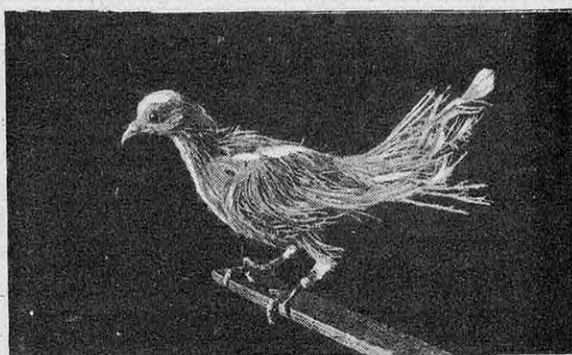


FIG. 4. — LE PIGEON PORC-ÉPIC, RÉSULTAT D'UNE MUTATION (D'APRÈS LE « JOURNAL OF HEREDITY »)

n'avait nullement affaire à une lignée spécialement variable de *Drosophile*; des mutations analogues, et aussi nombreuses, se sont révélées en « d'autres familles provenant de mouches capturées en divers points des États-Unis, en Californie, dans l'Orégon, l'Alabama, le Minnesota. De nombreuses mutations ont pris naissance dans des élevages de *Drosophila melanogaster* originaires des environs de Berlin » (Guyénot). De fait, la mutation n'est rien moins qu'un phénomène exceptionnel; elle se produit en tous lieux, en tous temps, dans toutes conditions, et on l'a rencontrée dans toutes les espèces, pour ainsi dire, où on l'a recherchée avec attention et méthode.

Parmi les mutations relevées chez les Oiseaux, l'on mentionnera l'absence de croupion, le cou nu, le bec croisé, le plumage soyeux, l'hyperdactylie; chez les Mammifères, le pelage en duvet (Lapin Castorrex), le pelage angora, l'absence de poil, l'absence de cornes (bœufs Hereford), le raccourcissement des pattes (Chien Basset), le raccourcissement ou l'absence de queue, la polydactylie, l'albinisme, etc.

La mutation, seule variation héréditaire

Le grand intérêt des mutations leur vient de ce qu'elles sont des variations germinales, partant héréditaires, et, qui plus est, les seules variations héréditaires que l'on connaisse pour l'instant. En effet, les variations du corps (ou somatiques) — variations déterminées par les conditions du milieu ou par le fonctionnement des organes — ne se transmettent jamais, fût-ce en partie, à la descendance.

Que, sous l'influence d'une nourriture plus abondante, un individu acquière une plus grande taille, ou que, sous l'effet du rayonnement solaire, il accentue la pigmentation de son tégument, aucune modification n'en résultera dans ses éléments reproducteurs, et, par suite, il n'engendrera pas des individus plus grands ou plus pigmentés, ni même des individus disposés à croître ou à se pigmenter davantage.

Dès lors qu'on ne peut admettre la transmissibilité des acquisitions somatiques, celles-ci s'en trouvent destituées de toute portée évolutive, et, pour expliquer les transformations d'espèces, l'on n'a d'autre ressource que d'invoquer les variations brusques et germinales du type mutation. C'est dire quelle est leur impor-

tance du point de vue théorique, indépendamment de leur valeur pratique en tant que créatrices de races.

Mutations de gènes et mutations de chromosomes

Toute mutation, étant héréditaire dans le cadre des lois mendéliennes, répond nécessairement à quelque modification du patrimoine germinal, lequel se trouve essentiellement constitué, comme on sait, par les gènes, particules ultra-microscopiques logées au noyau des cellules reproductrices.

L'ensemble des gènes forme les chromosomes, organes permanents du noyau, en nombre constant dans une même espèce (48 chez l'Homme, 24 chez la Grenouille, 8 chez la Mouche du vinaigre, etc.). Tout individu né de reproduction biparentale reçoit au départ de l'existence et porte en ses cellules deux assortiments ou stocks de chromosomes, l'un provenant de la mère, l'autre provenant du père.

Un certain nombre de mutations, dites mutations géniques, tiennent à la modification d'un gène individuel; dès lors que l'on considère volontiers le gène comme une grosse molécule nucléo-protéique, plus ou moins voisine de celles qui forment les virus, on pense qu'il s'agit d'une modification de la structure moléculaire. La dépigmentation des yeux chez la *Drosophile*, ainsi que le raccourcissement des ailes, ressortissent, semble-t-il, à ce genre de mutations.

D'autres mutations, dites mutations chromosomiques, tiennent à une modification dans le nombre ou à l'emplacement de certains gènes. Par suite de l'effet « de position », lorsqu'un gène, ou un groupe de gènes, se trouve déplacé à l'intérieur d'un chromosome (déplacement qui peut se produire accidentellement au cours d'une division cellulaire), il en résulte parfois quelque changement dans les caractères de l'organisme. Un tel changement peut aussi avoir pour cause l'absence d'un ou de plusieurs gènes, la présence d'un ou de plusieurs gènes en sur-nombre, et, plus généralement, toute modification capable de rompre l'équilibre normal des gènes.

Ainsi, la mutation *Bar* chez la Mouche du vinaigre, mutation caractérisée par une réduction considérable du nombre des facettes oculaires (moins de cent au lieu de plusieurs centaines dans le type normal), est due au redouble-

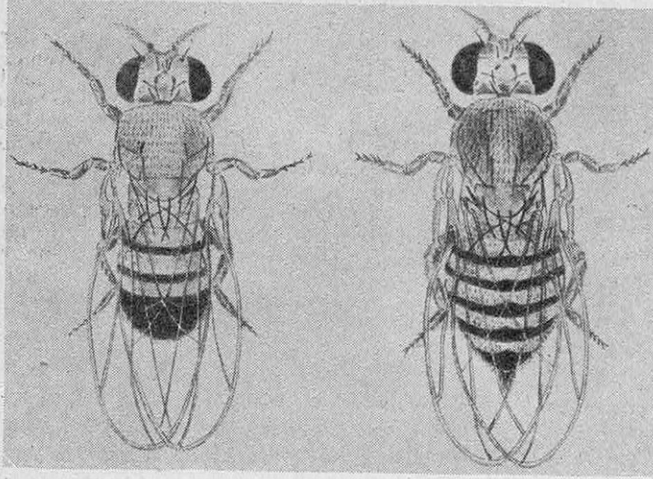


FIG. 5. — LA MOUCHE DU VINAIGRE : DROSOPHILE A VENTRE NOIR, MALE (A GAUCHE) ET FEMELLE, PRINCIPAL OBJET D'ÉTUDE DES GÉNÉTIENS DEPUIS 1910

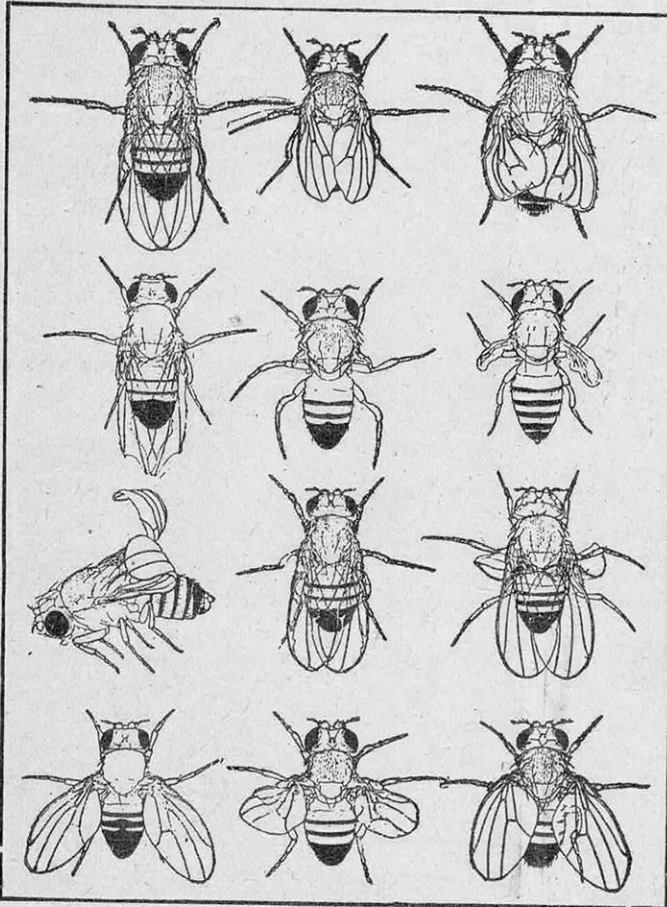


FIG. 6. — QUELQUES-UNES DES MUTATIONS PORTANT SUR LA FORME ET LA TAILLE DES AILES, OBSERVÉES CHEZ LA MOUCHE DU VINAIGRE

ment d'un certain segment chromosomique contenant plusieurs gènes. Quand ce segment se trouve non pas redoublé, mais retriplé, la réduction du nombre des facettes se montre encore plus prononcée (type *ultra-Bar*) (fig. 12).

Chez la plante *Datura*, magistralement étudiée par le biologiste américain Blakeslee, on constate des phénomènes du même ordre avec cette différence que le redoublement peut ici porter non pas sur un petit bout de chromosome, mais sur un chromosome tout entier. Certaines mutations du *Datura* sont liées, en effet, à la présence d'un chromosome surnuméraire. Puisque cette plante porte normalement dans ses cellules deux stocks de douze chromosomes, et que ce peut être chacun des douze qui soit en surnombre, il y a possibilité pour douze mutations de ce genre (mutations trisomiques); elles ont toutes les douze été identifiées, se distinguant les unes des autres par le port de la plante, la forme et la structure des organes floraux, etc (fig. 13).

De même, certaines formes mutantes d'*Enothères* (*Enothera lata*) présentent un chromosome surnuméraire (quinze chromosomes, au lieu de quatorze).

Parmi les mutations qui affectent la quantité des gènes, les mutations dites *polyploïdes* offrent un intérêt tout particulier: celles-là sont dues à l'adjonction de tout un stock chromosomique, ou même de plusieurs. En ce cas, l'équilibre des gènes n'est pas altéré, et, par suite, il n'y a pas de changement dans les caractères, mais l'augmentation du nombre des stocks chromosomiques détermine souvent un accroissement dans les dimensions de l'organisme. Ainsi en va-t-il pour l'*Enothera gigas*, plante de grande taille qui porte vingt-huit chromosomes (soit quatre stocks chromosomiques complets au lieu des deux stocks de la forme normale), et pour de nombreuses races, plus ou moins géantes, de *Daturas*, de *Roses*, de *Narcisses*, d'*Iris*, de *Jacinthes*, etc.

La polyplôïdie a constamment pour effet d'accroître la taille des éléments cellulaires, les dimensions de ceux-ci étant grossièrement proportionnelles au nombre des chromosomes qu'ils portent dans leur noyau. Si, chez les Végétaux, ce gigantisme cellulaire entraîne ordinairement un certain gigantisme de l'organisme dans son ensemble, il n'en va pas de même dans le règne animal, où, du moins chez les vertébrés, la polyplôïdie est compatible avec le maintien des dimensions normales.

Alors que, d'après Vandel, les Cloportes triploïdes (trois stocks de chromosomes) sont géants relativement à la race diploïde, les Tritons triploïdes et même les tétraploïdes (quatre stocks) ne sont nullement plus gros que les exemplaires diploïdes de l'espèce (Fankhauser). C'est qu'ici le gigantisme cellulaire se trouve compensé, on ne sait trop comment, par une diminution dans le nombre total des cellules.

La mutation provoquée par les rayons X

Qu'elles soient de gènes ou de chromosomes, qu'elles portent sur la structure d'un gène individuel, sur l'arrangement ou sur le nombre des gènes, les mutations se présentent dans la nature comme des sortes d'accidents germinaux, tout à fait imprévisibles et n'ayant aucun lien apparent avec les conditions du milieu externe.

Toutefois, dès qu'on a connu les faits de mutation, l'on s'est efforcé de provoquer artificiellement l'apparition de formes mutantes en soumettant les organismes procréateurs à des conditions exceptionnelles, capables d'agir plus ou moins directement sur leurs germes.

Les premiers essais dans cette voie ont été généralement assez décevants.

Tower sur le Coléoptère *Leptinotarsa*, Harrison sur des Chenilles de Phalène, Blaringhem sur le Maïs, Gager et McDougal sur diverses plantes, etc., ont fait agir différents facteurs physiques ou chimiques (température, humidité, traumatismes, radium, sels de plomb, etc.), mais ils n'ont obtenu que des résultats incertains, ou, en tout cas, prêtant à la discussion, car les organismes servant à leurs recherches n'étaient pas suffisamment connus du point de vue génétique pour qu'on pût séparer à coup sûr ce qui était mutation naturelle de ce qui semblait être mutation provoquée.

Il était réservé au généticien Hermann J. Muller d'établir en 1927, par une série d'expériences qui excluaient toute objection, la possibilité de provoquer des mutations artificielles, ou, du moins, d'augmenter considérablement, par un agent extérieur, le taux de la mutation. Ce sont ces recherches capitales qui ont valu à

Muller, voici quelques semaines, le Prix Nobel des sciences physiologiques.

En soumettant des Mouches du vinaigre (mâles, de préférence) à des doses relativement fortes de rayons X, Muller constata que le nombre des mutations était beaucoup plus élevé — jusqu'à cent cinquante fois plus — dans la descendance des insectes irradiés que dans celle des insectes témoins.

En somme, par l'emploi des rayons X, on active, on accélère le processus de mutation ; l'on suscite en quelques jours autant de formes anormales que la nature, livrée à elle-même, en eût produites dans l'espace de plusieurs années.

La plupart des radiomutations sont *létales*,

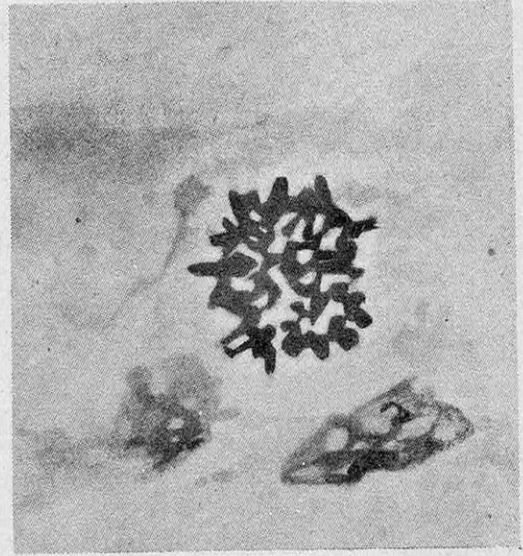


FIG. 7. — LES CHROMOSOMES DE L'HOMME DANS UN GLOBULE BLANC

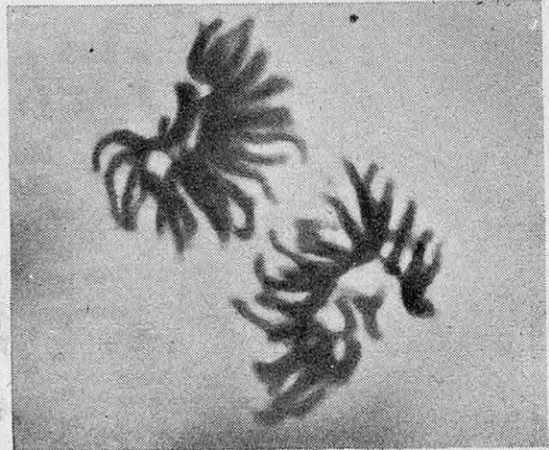
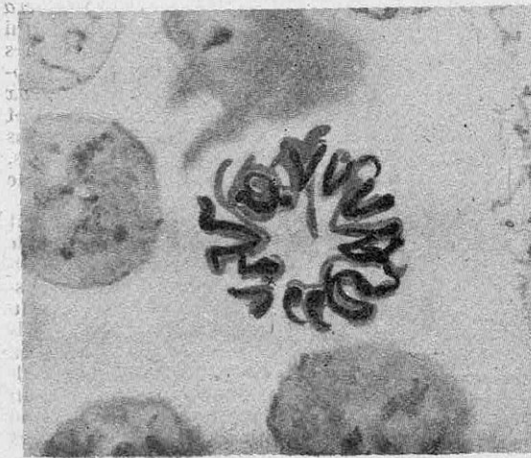


FIG. 8 ET 9. — LES CHROMOSOMES D'UNE SALAMANDRE (D'APRÈS FRANKHAUSER) ET CEUX DU TRITON PALMÉ (D'APRÈS H. MUGARD ET QUÉNISSET)



FIG. 10 ET 11. — LES CHROMOSOMES DE L'« IRIS FILIFOLIA » (34 CHROMOSOMES) ET CEUX DE L'« IRIS TINGITINA » (42 CHROMOSOMES) (D'APRÈS MARC SIMONET)

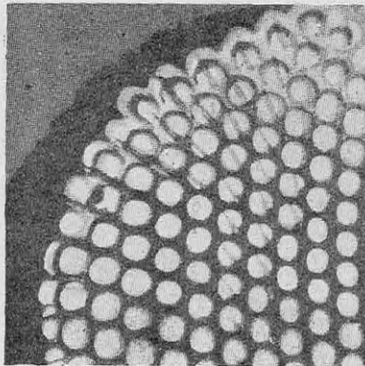
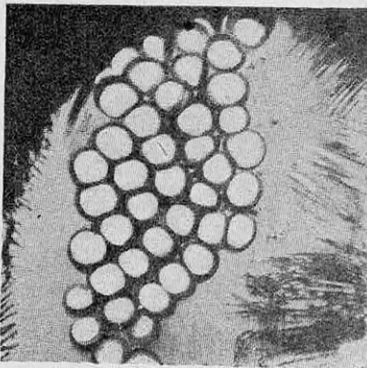
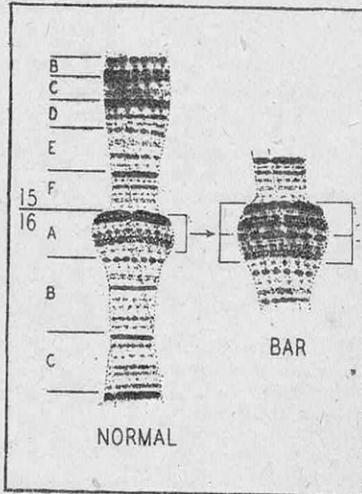
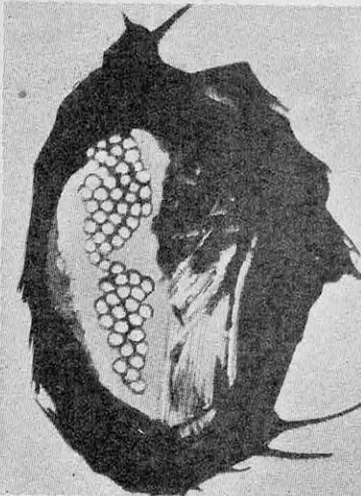


FIG. 12. — EXEMPLE DE MUTATION PAR REDOUBLEMENT DE GÈNES

On voit, en haut et à gauche, l'œil d'une Mouche *Drosophile* de race « Bar », c'est-à-dire à nombre de facettes réduit. La partie supérieure du même œil, vue à un plus fort grossissement, est visible au-dessous, à côté d'un œil normal, photographié dans les mêmes conditions. En haut et à droite, on voit, côte à côte, des fragments du même chromosome en bâtonnet, correspondant l'un à la race normale, l'autre à la race « Bar ». On voit que les bandes de la sous-section A, section 16, sont redoublées dans le deuxième.

c'est-à-dire incompatibles avec la vie quand le gène mutant se trouve en double exemplaire dans l'œuf. Quant aux mutations viables, elles sont généralement identiques à celles qui apparaissent spontanément dans la nature ou dans les élevages témoins.

Par l'action des rayons X, l'on obtient quelquefois le retour d'un type mutant au type normal, ce qui est fort important du point de vue théorique, car cela prouve que la mutation peut se faire dans les deux sens, et, par suite, qu'elle n'est pas forcément une dégradation du patrimoine héréditaire.

Parmi les mutations produites par les rayons X se trouvent à la fois des mutations de gènes et des mutations chromosomiques, celles-ci étant d'ailleurs nettement plus abondantes que celles-là.

Les résultats de Muller ont été promptement étendus à d'autres animaux, notamment à l'Hyménoptère *Habrobracon* (Whiting), et à diverses plantes (Goodspeed, Olson, Stadler, Hanson, etc.) ainsi qu'aux microorganismes et même aux virus.

Il semble que le rayonnement exerce son effet mutatif par le moyen du choc que produisent les électrons sur les gènes. Toujours est-il que le taux des mutations est proportionnel à la dose de rayonnement reçu, celle-ci étant mesurée par le taux d'ionisation.

A ce propos, on s'est tout naturellement demandé si la mutation spontanée n'aurait pas elle-même pour cause le rayonnement naturel (radioactivité tellurique, rayonnement cosmique), mais il ne semble pas, et à beaucoup près, que ce facteur ait assez de puissance pour expliquer la fréquence de la mutation spontanée.

Chez les Mammifères, l'on a essayé de produire des mutations par la méthode de Muller, mais les résultats sont beaucoup moins convaincants que chez les Insectes ou les plantes. Chez la Souris, toutefois, M^{me} Dobrovolskaia-Zavadskaia a obtenu, dans la descendance de mâles fortement irradiés, deux mutations, « valse » et « queue raccourcie ».

Autres procédés pour provoquer la mutation

D'autres agents que les rayons X se sont montrés capables de provoquer la mutation, ou, du moins, de la rendre plus fréquente par rapport aux lignées non traitées.

En particulier, comme l'on pouvait s'y attendre, les rayons gamma du radium sont très actifs. On obtient également des mutations par l'emploi des neutrons, des rayons ultraviolets (Guyénot, Altenburg), peut-être par l'action des champs magnétiques (Chevais et Manigault), et certainement par l'élévation de la température.

Ce dernier procédé, entre les mains de Richard Goldschmidt, s'est révélé singulièrement efficace sur la Drosophile, à condition que le chauffage intervienne dès le stade larvaire. La mortalité est considérable, mais les adultes survivants produisent une très forte proportion de mutants : d'un seul couple de Mouches, par exemple, naissent, en première génération, 37 mutants pour 349 sujets normaux.

Dans les expériences qu'on vient de mentionner, il s'agit ou bien de mutations géniques, ou de légères mutations chromosomiques, la distinction étant d'ailleurs souvent délicate entre celles-ci et celles-là. Mais, chez les Batraciens (Tritons, Grenouilles, Crapauds), l'on peut, en refroidissant l'œuf récemment fécondé, y modifier le nombre des stocks chromosomiques (J. Rostand, Fankhauser).

C'est ainsi que Fankhauser et Griffiths ont obtenu artificiellement un grand nombre de Tritons triploïdes. L'efficacité remarquable du

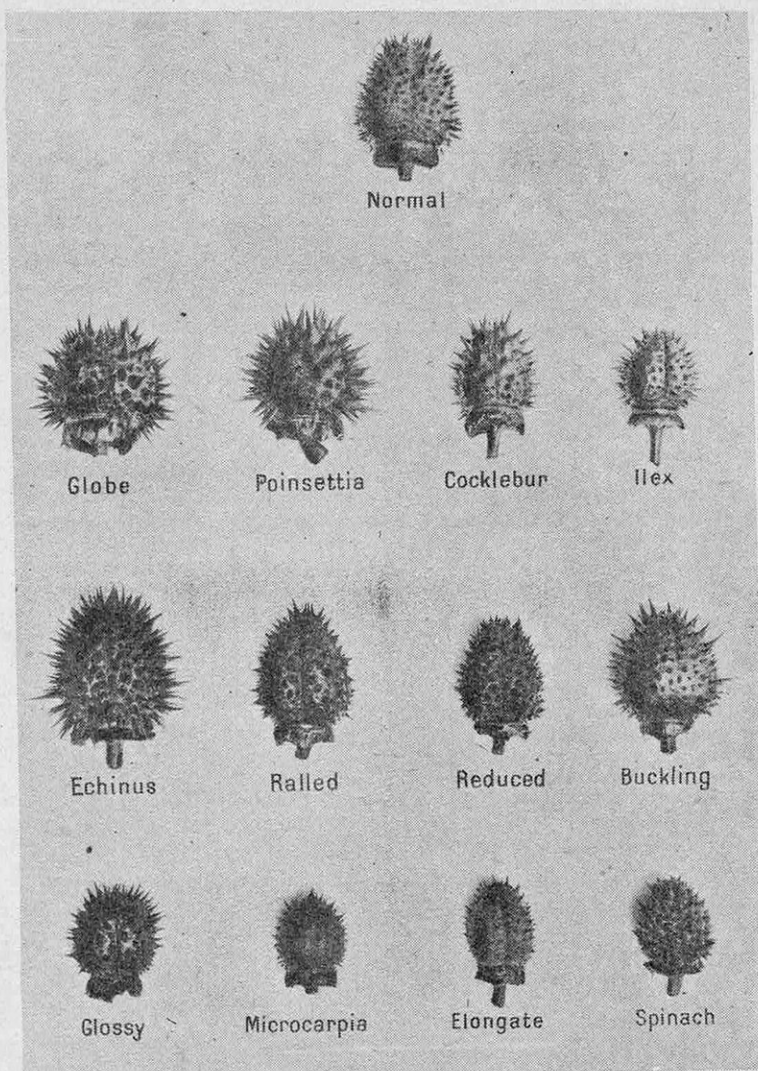


FIG. 13. — MUTATIONS PAR REDOUBLEMENT D'UN CHROMOSOME
On voit ici le fruit du *Datura* chez la plante normale et chez les douze mutants trisomiques (à chromosome additionnel).

procédé a été confirmée par divers auteurs (Böök, Crotta et Perrot, Costello, Fischberg), et la polyploïdie par le froid a été étendue à plusieurs Batraciens Urodèles, dont la Salamandre mexicaine ou Amblystome.

Pour être opérant, le refroidissement de l'œuf doit suivre de peu la fécondation et durer au moins une demi-heure ; l'œuf doit être brusquement ramené de la température basse à la température ordinaire, afin de subir un « choc thermique ».

D'après de récentes expériences de Fankhauser et Watson, le chauffage de l'œuf ne serait pas moins efficace que le refroidissement. Si, pendant une durée de dix minutes, l'on expose des œufs récemment pondus de Triton à une température de 35-37° C, l'on obtient une proportion très élevée de larves triploïdes.

Chez la Grenouille américaine (*Rana pipiens*), le Dr Robert Briggs vient d'obtenir par chauffage de l'œuf un grand nombre de têtards triploïdes, qui se sont métamorphosés en grenouilles.

Action des substances chimiques

On a douté pendant longtemps que les substances chimiques aient la faculté de modifier le patrimoine héréditaire ; mais il est aujourd'hui bien acquis que certaines d'entre elles peuvent déterminer des mutations, soit de gènes ou de chromosomes, chez la Drosophile (expériences de Ssacharow, Lobashow, Kosiupa, etc.).

En France, chez ce même insecte, Simon Chevais et J.-André Thomas ont obtenu des mutations en injectant de l'o-aminophénylsulfamide dans l'abdomen des mâles. Les mutations portaient sur la taille des yeux et du corps, sur l'écartement des ailes, la pigmentation, etc. Le taux de mutation s'élevait en fonction du délai compris entre le traitement et la procréation, ce qui laisse croire que les mutations s'étaient produites dans les cellules de la lignée germinale plutôt que dans les spermatozoïdes mûrs.

Plus récemment, Auerbach, toujours chez la Drosophile, a fait apparaître un très grand nombre de mutations en usant de l'ypérite (gaz moutarde).

Mœwus a déterminé des mutations de gènes chez l'Algue verte *Chlamydomonas* en soumettant cet organisme à l'action du bromure de diméthylodécylbenzyl-ammonium.

Enfin, par l'action de la colchicine (alcaloïde très toxique provenant du Colchique automnal), on a déterminé chez nombre de plantes des mutations polyploïdes. Il suffit, comme l'a fait voir Blakeslee, de tremper les graines dans une solution aqueuse très diluée de colchicine, ou

encore de badigeonner les jeunes bourgeons avec une gelée colchicinée.

Le toxique a pour effet de bloquer la division du noyau cellulaire, tout en n'empêchant pas celle des chromosomes, d'où la formation de cellules à nombre double de chromosomes qui donnent naissance à des rameaux tétraploïdes (à quatre stocks).

Marc Simonet, qui a importé chez nous ce procédé et en a fructueusement usé, a pu créer ainsi de nombreuses variétés, stables et fécondes, de plantes tétraploïdes (Lin, Radis, Aubergine, etc.).

Si puissante chez les végétaux, la colchicine paraît être peu active sur les cellules animales. Cependant, lorsqu'elle est injectée dans l'abdomen des Criquets, elle détermine la formation de spermatozoïdes à noyaux polyploïdes (Dooley, M^{lle} David).

D'autres substances se sont montrées capables de produire, chez les plantes, le doublement des chromosomes qui conduit à la tétraploïdie (acé-naphtène, paradichlorobenzène, éthylphosphate de mercure, phényluréthane, apiol, méthyl-anthranilate de méthyle, acide indoï-b-acétique, etc.).

La tétraploïdie expérimentale offre un intérêt pratique considérable, car non seulement elle permet de produire des plantes plus grosses et plus vigoureuses, mais encore, combinée avec l'hybridation, elle donne le moyen de créer des espèces nouvelles et même des genres nouveaux, constants et fertiles.

Le transformisme expérimental

En résumé, nous pouvons dès maintenant, par l'emploi d'un grand nombre de procédés (rayons X, radium, rayons ultraviolets, froid et chaleur, substances chimiques diverses), déterminer des mutations de gènes ou de chromosomes.

Puisque la mutation est essentiellement une variation héréditaire, et qui a joué certainement un rôle important, sinon le principal, dans la différenciation naturelle des espèces, nous sommes aujourd'hui à même de faire du « transformisme expérimental ».

L'expression n'est pas nouvelle. Il y a déjà une trentaine d'années, d'éminents botanistes, tels que Gaston Bonnier, Costantin, Molliard, ne doutaient pas qu'ils ne fissent du transformisme expérimental quand ils modifiaient la structure de certaines plantes en les soumettant à des conditions variées de température, d'humidité, d'éclairage, de nutrition. Et de même un zoologiste comme Frédéric Hous-say, lorsqu'il modifiait les caractères des volailles en leur imposant un régime carné. Si ces

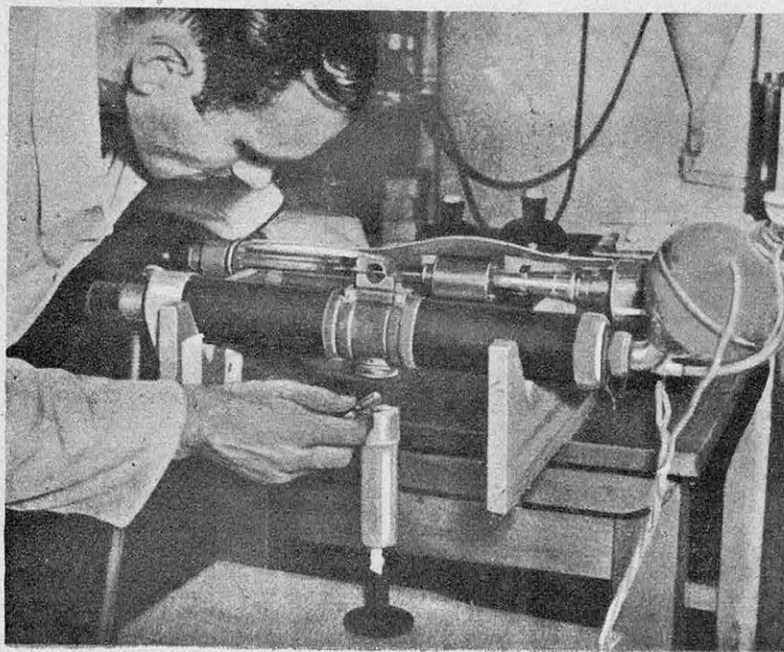


FIG. 14. — L'IRRADIATION DES MOUCHES DROSOPHILES AUX RAYONS X, POUR L'ÉTUDE DES MUTATIONS EXPÉRIMENTALES

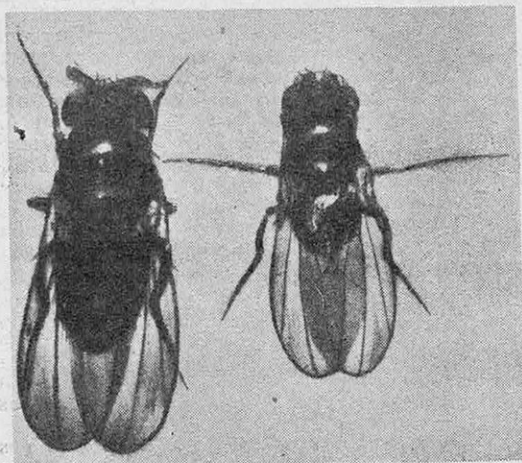


FIG. 15. — MUTATIONS DE LA MOUCHE DROSOPHILE PRODUITES PAR LES RAYONS X (D'APRÈS H. J. MULLER)
A gauche, forme « aristopedia » (antennes en forme de pattes); à droite, forme « pygmée ».

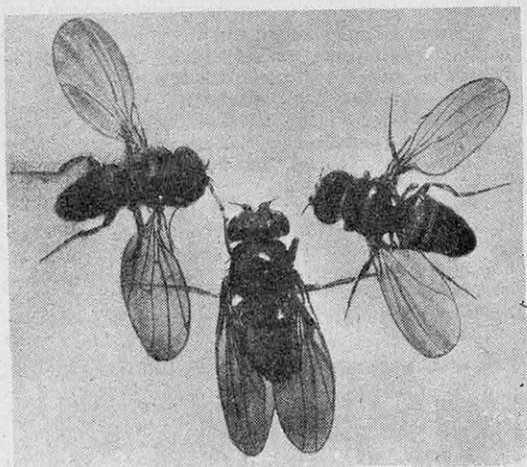


FIG. 16. — AUTRES MUTATIONS DE LA DROSOPHILE PORTANT SUR LA DISPOSITION DES AILES
A gauche, forme « outstretched »; à droite, forme « cleftoid »; au centre, forme « roof ».

expériences d'inspiration lamarckienne ne laissaient pas d'offrir quelque intérêt dans la mesure où elles faisaient apparaître la variabilité, la plasticité du soma, elles n'avaient, en réalité, rien à voir avec le transformisme, car il ne s'agissait, en tout état de cause, que de variations corporelles, sans le moindre retentissement sur le patrimoine héréditaire.

Tout différemment, dans les expériences de mutation provoquée, l'on modifie non seulement l'individu, mais la lignée; on crée de véritables races, voire de véritables espèces, non moins fixes que celles qui leur ont donné naissance.

Nous n'en sommes cependant qu'au prime début de ce transformisme expérimental, car il est infiniment probable que nous ne savons encore qu'imiter très imparfaitement et grossièrement les procédés qu'emploie la nature pour réaliser l'évolution des types organiques.

Certains auteurs, arguant de l'existence des mutations provoquées, ont prétendu qu'il y avait là, dans une certaine mesure, un retour à la doctrine lamarckienne; mais c'est un pur malentendu, car la mutation provoquée par les agents externes n'a aucun rapport avec la variation qu'invoquent les lamarckiens.

Celle-ci, en effet, est une variation *adaptive*, c'est-à-dire modifiant l'organisme dans un sens plus ou moins favorable à son existence et à son fonctionnement. Au contraire, la mutation, qu'elle soit naturelle ou provoquée, est une variation strictement « quelconque » et fortuite, n'ayant aucune convenance avec les conditions qui en ont suscité l'apparition. Elle peut être avantageuse, indifférente ou désavantageuse, et, de fait, elle est désavantageuse le plus souvent.

Pour l'instant, sauf en ce qui concerne les mutations polyploïdes, nous ne savons produire la mutation qu'à l'aveugle. En usant de tel ou tel procédé, nous augmentons dans la descendance le pourcentage des anomalies, mais nous sommes bien incapables de faire apparaître électivement telle anomalie que nous désirons. Il n'est pas impossible, d'ailleurs, que la science,

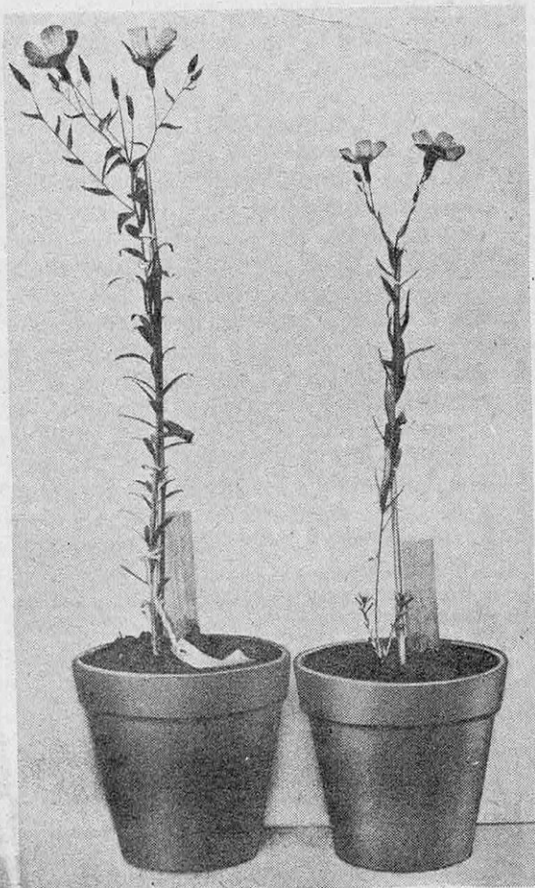


FIG. 17. — LIN A GRANDES FLEURS : A GAUCHE, PLANTE TÉTRAPLOÏDE OBTENUE PAR LA COLCHICINE; A DROITE, PLANTE NORMALE DIPLOÏDE (D'APRÈS MARC SIMONET)

un jour, découvrir le moyen d'amener à volonté telle ou telle mutation.

Dès maintenant, la mutation provoquée a permis de créer des races végétales d'un grand intérêt pratique. C'est, paraît-il, en soumettant des souches de *Penicillium* aux rayons X et aux rayons ultraviolets qu'on a obtenu la formation de certaines lignées plus riches en pénicilline.

Pour ce qui est de notre espèce, il est intéressant de se demander à quelles causes de mutation elle se trouve exposée de par ses conditions d'existence. Il ne semble pas que les toxiques dont elle use (alcool, caféine, morphine) soient capables de produire des change-

ments du patrimoine héréditaire; et l'action mutative des toxines microbiennes est loin d'être établie. En revanche, il n'est pas interdit de penser que certains médicaments (sulfamides, par exemple) puissent, en certains cas, déterminer des mutations.

Enfin, il y a surtout, pour agir éventuellement sur les chromosomes humains, les rayons X, le radium, — et, maintenant, les rayonnements dégagés par la désintégration de l'atome.

Depuis 1945, une nouvelle cause de mutations s'est introduite dans le monde, et, de celle-là, nous ne pouvons, pour l'instant, estimer la portée.

Jean ROSTAND

Il y a seulement trente ans, l'unique méthode communément employée dans le monde entier pour combattre la lèpre, ce fléau à peu près oublié en Europe, mais qui sévit encore dans de nombreux territoires coloniaux, était la pratique médiévale de l'isolement forcé. On ne connaissait à cette époque aucun mode de traitement médical des malades, et seuls ceux dont l'affection avait atteint un stade avancé peuplaient les asiles de lépreux où ils pouvaient être considérés comme emprisonnés à vie, sans espoir de guérison. C'est vers 1916 que Léonard Rogers signala les résultats encourageants obtenus au début de la maladie par des injections de préparations solubles à base d'huile de chaulmoogra (1). Ces faits, confirmés par E. Muir, aux Indes, et par des médecins américains, à Hawaï et aux Philippines, amenèrent à réviser complètement les idées admises en matière de lèpre et de lépreux. Le dépistage des cas nouveaux et leur traitement immédiat et régulier devaient être entrepris sur une large échelle et Rogers préconisait l'isolement *volontaire* des cas très infectieux dans des colonies agricoles suffisamment bien aménagées pour attirer les malades sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir la force. Les mesures de coercition, en effet, incitent les malades à dissimuler leur mal pendant des années, jusqu'à ce qu'il soit devenu incurable. C'est sur ces bases que, d'après le *British Medical Journal*, a été entreprise la lutte contre la lèpre dans l'Empire britannique, où l'on estime le nombre des lépreux à plus de 2 millions. Une association, la *British Empire Leprosy Relief Association*, en liaison avec les gouvernements coloniaux, a dressé un programme d'action à la fois efficace et humain qui tend à ce que toutes les personnes qui ont été en contact étroit avec un lépreux avéré soient examinées tous les six mois pendant cinq ans et plus. Ainsi doivent être dépistées les nouvelles atteintes dès leur début, à un moment où le traitement est efficace. Appliquée dans les îles du Pacifique, en Guyane britannique, à Ceylan et en Afrique du Sud, cette manière de procéder a donné les meilleurs résultats. Le problème le plus grave était celui du Nigéria où les lépreux représentent entre 1 et 10 % de la population, avec 70 000 cas dans une seule province. La multiplication des dispensaires avec personnel indigène bien entraîné (deux d'entre eux traitent 25 000 patients), la création de colonies agricoles et de villages modèles ont eu pour résultat qu'en de nombreux points la lèpre semble en régression. Aux Indes, des milliers de malades sont soignés dans des centaines de centres, mais le manque de crédits n'y a pas encore permis la création de colonies libres. Ainsi de grands progrès ont déjà été enregistrés. Il apparaît cependant de plus en plus urgent de mettre au point un traitement efficace dans les formes les plus évoluées et les plus contagieuses de l'affection. On fonde les plus grands espoirs sur les injections intraveineuses de produits tels que les sulphones, la promine et la diazone, expérimentés par Fite et Gemur aux États-Unis et Muir à la Trinité, ainsi que sur les préparations nouvelles dont on a signalé l'efficacité contre le bacille tuberculeux, étroitement apparenté comme l'on sait à celui de la lèpre.

(1) Voir « Une maladie qui meurt : la lèpre » (*Science et Vie*, n° 294, février 1942).

AVION CONTRE NAVIRE LA BOMBE-TORPILLE

par Camille ROUGERON

La bombe et la torpille d'avion, telles qu'on les a employées au cours de la guerre, étaient de simples transpositions des projectiles de grosse artillerie et des torpilles lancées par les bâtiments de surface ou sous-marins. Le navire de ligne était fort bien organisé pour résister aux uns comme aux autres, et c'est l'explication des nombreux échecs de l'avion lorsqu'il l'attaqua. Ce serait un très gros progrès de l'aviation que d'organiser d'une façon moins sommaire les armes qu'elle destine au navire. A cet égard, la bombe-torpille avec propulsion par fusée, à trajectoire mi-aérienne mi-sous-marine, qui allait être mise en service en Allemagne quand la guerre prit fin, devrait mettre en échec la protection du grand bâtiment telle qu'elle a été réalisée jusqu'ici.

Il y a toujours eu deux types d'armes, suivant qu'on voulait attaquer le navire au-dessus de la flottaison, dans ses œuvres mortes, ou au-dessous, dans cette partie plus vulnérable que sont les œuvres vives.

Succédant à la galère, au combat à l'abordage et à l'éperon, la période qui va du milieu du XVI^e siècle au milieu du XIX^e siècle est celle du vaisseau de haut bord, avec le canon à boulet plein contre les œuvres mortes, le brûlot contre les œuvres vives. La voilure et sa mâture, fractionnées, résistaient beaucoup mieux aux boulets qu'un équipage de rameurs; abrités sous leurs bordages épais, les canonniers et leurs pièces trouvaient une protection satisfaisante. Aux distances moyennes, entre adversaires d'égale valeur, les combats duraient des heures, et même des jours avant que les pertes contraignissent une flotte à abandonner le lieu de la rencontre, comme lors de cette bataille de « quatre jours » entre Ruyter et Monk (1666), où les adversaires reprenaient chaque matin le combat interrompu pendant la nuit.

La période qui a commencé au milieu du XIX^e siècle et se poursuit de nos jours est celle du navire de ligne cuirassé et cloisonné, dont les œuvres mortes sont aux prises avec le projectile explosif, les œuvres vives avec la torpille et la mine. L'entrée en scène de l'avion n'a pas modifié les armes; la bombe, la torpille et la mine utilisées dans la guerre aéronavale transposent simplement le projectile des gros canons de bord, la torpille et la mine des petits navires spécialisés.

Pour obliger le navire à se transformer, le changement d'arme a plus d'importance encore que le changement d'adversaire. Si l'avion y a échoué de 1918 à 1939, et guère mieux réussi de 1939 à 1945, c'est que l'aviateur a cru devoir adopter les armes que la marine avait étudiées en vue de stabiliser son matériel.

L'attaque du navire au projectile explosif

L'introduction du projectile explosif à bord des navires est un exemple assez peu connu

aujourd'hui de la résistance opposée par les marines à l'introduction d'une arme nouvelle qui déclassait évidemment l'ensemble du matériel naval en service.

Au début du XIX^e siècle, alors que l'obus était employé à terre depuis plusieurs siècles, le marin avait toujours d'excellents arguments pour le refuser; il ne voulait point, soutenait-il, perdre davantage de navires du fait de leurs propres munitions que de celles de l'ennemi. Assurément, ni le chargement, ni les fusées des obus de l'époque ne présentaient la sécurité qu'on exige d'eux aujourd'hui. Le simple transport de munitions destinées à l'armée était déjà fort dangereux et on ne manquait pas de dresser la liste des navires perdus corps et biens pour avoir accepté un tel chargement.

Napoléon, à qui le siège de Toulon avait donné quelque expérience du tir contre les navires, essaya d'introduire l'obus à bord des siens. Il multiplia, en 1811, les expériences de tir à obus contre les navires et fut le premier, croyons-nous, à couler un navire d'un seul coup avec un projectile de 6 pouces, le 18 octobre de cette année, dans l'embouchure de l'Escaut. Mais l'Empereur n'avait pas l'obstination qu'il faut en ces matières et que ne remplacent point quelques phrases sévères sur l'incompréhension des subordonnés; il ne réussit pas davantage dans cette tentative que dans celles qu'il multiplia pour faire transformer l'armement des troupes.

C'est à un autre artilleur, le général Paixhans, alors chef de bataillon de l'artillerie royale, qu'est due l'introduction du projectile explosif à bord. Paixhans multiplia les propositions, fit appel à l'Académie des Sciences, obtint des expériences où un seul obus pulvérisa encore un bâtiment, mais ne parvint pas à convaincre la marine française malgré un livre de 458 pages sur « une espèce nouvelle d'artillerie de mer, qui détruirait promptement les vaisseaux de haut bord ». Il eut plus de succès à l'étranger, et la bataille de Navarin, où les obus russes incendièrent la flotte turque, consacra la valeur du nouveau projectile dans l'artillerie navale.

L'adoption de la cuirasse d'une part, du

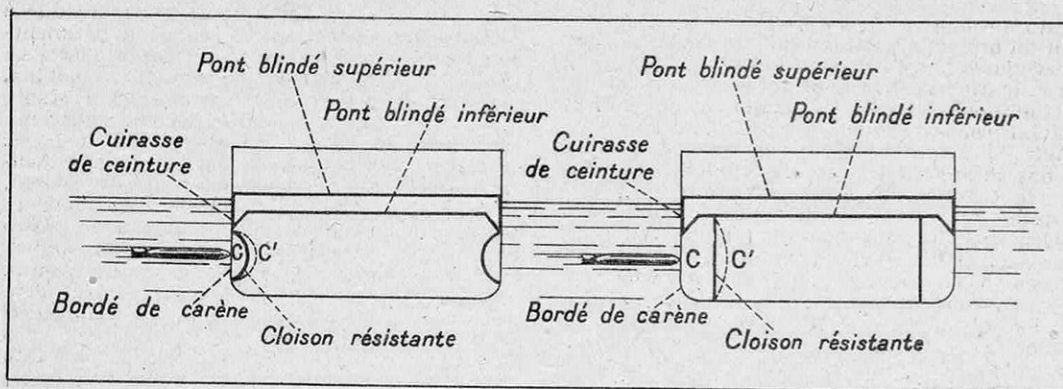


FIG. 1. — PROTECTION SOUS-MARINE DU « DANTON » ET DES CUIRASSÉS ALLEMANDS

La protection sous-marine du *Danton*, exécutée d'après les idées de Bertin et après le succès de leur application au cuirassé russe *Cesarevitch*, n'était efficace que contre des torpilles à très faible charge. Elle péchait d'abord par la distance insuffisante de la cloison résistante au bordé de carène qui ne dépassait pas 2 m, tandis qu'elle atteignait 4 m sur les cuirassés allemands, mais surtout par la forme cylindrique qui se prêtait beaucoup moins à l'absorption du travail de l'explosion que la cloison plane, cette absorption étant à peu près proportionnelle au volume compris entre la cloison intacte C et la cloison déformée C'.

canon rayé et de l'obus cylindro-ogival de l'autre, ne modifia pas sensiblement les positions respectives de l'attaque et de la défense. Au début du *xx*^e siècle, comme au début du *xix*^e, le projectile était en mesure de percer toutes les protections imaginées contre lui et de faire d'amples dégâts au delà. La course simultanée aux épaisseurs de blindage et aux calibres de projectile cessa vers 1900 ; le canon l'emportait définitivement sur la cuirasse.

Telle était, du moins, l'interprétation commune de la diminution d'épaisseur des cuirasses, — les *Majestic* mis en chantier en 1895 par White portaient des ceintures de 152 mm seulement — à une époque où la puissance, sinon le calibre, des canons de bord ne cessait de croître. Mais c'était conclure un peu hâtivement d'essais de polygone, où les plaques étaient effectivement perforées aux vitesses restantes des projectiles, à la résistance réelle d'un navire au combat. De même que le char et l'avion encaissèrent fort bien, trente ou quarante ans plus tard, des dizaines ou des centaines de ces projectiles qu'on estimait suffisants contre eux, de même le cuirassé était en réalité beaucoup mieux protégé contre le canon qu'on ne le croyait.

La première expérience en fut faite en décembre 1916, aux Falkland, où les deux croiseurs cuirassés allemands *Scharnhorst* et *Gneisenau*, jugés tout juste protégés contre le calibre de 210 mm qu'ils portaient, encaissèrent pendant toute une journée le tir des 305 mm des croiseurs de bataille britanniques.

La bataille du Jutland, malgré l'apparence, ne devait pas être interprétée autrement. Mais cette conclusion fut masquée par la perte de deux croiseurs de bataille britanniques dès le début de l'engagement, perte que l'on attribua à leur insuffisance de protection. En réalité, ils avaient été victimes d'un incendie de soutes provoqué par un projectile atteignant la tourelle ; les croiseurs de bataille allemands avaient reçu des coups semblables, l'année précédente, au Dogger Bank, mais le noyage des soutes avait empêché l'explosion. Rien n'infirmerait en réalité la remarquable résistance du cuirassé aux canons qu'il portait ; la tenue des croiseurs

de bataille allemands, beaucoup moins protégés, devant les canons de 351 mm des cuirassés rapides britanniques, le confirmait même pleinement.

Si la marine britannique n'entendait pas ainsi les enseignements du Jutland et si le *Nelson* et le *Rodney* furent des navires où la protection, renforcée, était le souci principal, la marine allemande, avec ses *Deutschland*, puis ses *Scharnhorst*, reprit la formule du croiseur de bataille qu'abandonnait sa rivale.

Enfin, avec le *Bismarck*, où elle disposait d'un déplacement non contrôlé supérieur à celui que les autres marines acceptaient de ne pas dépasser, elle revenait à une formule assez voisine de celle des cuirassés rapides de 1914, du point de vue de la répartition des poids entre les facteurs de puissance.

L'attaque du navire à la torpille

Succédant aux brûlots de l'époque de la marine à voiles et aux différents types de torpilles dormantes ou portées employées pendant les trois premiers quarts du *xix*^e siècle, la torpille automobile et la mine à orin suscitèrent de grands espoirs parmi les adversaires du navire de ligne.

Comme lors de l'introduction de l'obus explosif par Paixhans, qui prétendait détruire un navire d'un seul projectile, on s'exagéra beaucoup, au début, la puissance de la torpille et de la mine. L'explosion de charges qui nous paraissent aujourd'hui insignifiantes devait couler avec certitude un grand navire, dès l'instant où elles l'attaquaient dans ses œuvres vives. Une charge de 200 kg de fulmi-coton, distante de 8 m de la carène d'une corvette, réduisit littéralement en pièces le bateau dont elle projeta les débris jusqu'à plus de 100 m de hauteur », écrivait en 1898 l'ingénieur de la marine Brillié, résumant des essais français. Mais, de même qu'on avait trouvé assez rapidement une protection contre le projectile à trajectoire aérienne, on devait limiter l'effet des dégâts produits dans la carène par les explosions sous-marines.

L'idée première de la cloison intérieure résis-

tante, formant avec le bordé de carène un caisson de protection qui limitait les rentrées d'eau provoquées par l'explosion, est due à l'ingénieur de la marine Bertin. Elle protégeait à la fois les installations vitales du grand compartiment atteint contre l'invasion de l'eau, et le navire lui-même contre les conséquences quant à sa flottabilité et à sa stabilité. Appliquée d'abord sur le *Cesarevitch* qui encaissa fort bien une torpille, dans la partie non protégée d'ailleurs, le dispositif fut reproduit sur les cuirassés français *Danton*. Un essai en vraie grandeur sur un caisson type *Danton*, après construction du navire lui-même, montra que le degré de protection escompté n'avait pas été atteint. La protection ne fut pas maintenue sur les cuirassés suivants. Il eût fallu consentir non seulement le poids de cloison nécessaire, — celle du *Danton* avec ses 50 mm était largement calculée, — mais encore la largeur voulue du caisson, et cela aux dépens d'un appareil propulsif resté trop encombrant.

La première protection efficace contre les explosions sous-marines fut introduite à la même époque en Allemagne, où on l'appliqua aussi bien aux cuirassés qu'aux croiseurs de bataille, malgré la difficulté de prélever à son profit un volume important sur des bâtiments dont l'appareil propulsif était aussi puissant. L'emploi de la chaudière à petits tubes, l'acceptation d'un encombrement inconnu dans les autres marines, et enfin l'élargissement du navire aussi favorable à la protection sous-marine qu'à la stabilité après avaries de combat, donnèrent une solution satisfaisante. Avec un caisson presque deux fois plus large que celui des *Danton*, sur les treize navires de ligne allemands atteints par mines ou torpilles, souvent même à plusieurs reprises, de 1914 à 1918, un seul fut perdu.

Les succès de la torpille et de la mine inci-

tèrent les marines britannique et américaine à chercher une protection efficace sur les bâtiments qu'elles construisirent au cours de la guerre de 1914-1918. La marine britannique combina, sur le *Hood*, la protection par cloison résistante avec un bourrage de tubes fermés aux deux bouts dans le caisson qui la séparait du bordé de carène. Ces tubes devaient s'opposer à l'invasion de l'eau de la totalité du caisson, ce qui était le rôle de tous les bourrages pour la protection du navire. Ils devaient en outre absorber par leur écrasement une fraction importante de l'énergie de l'explosion; le bois, ou le charbon sur les navires allemands avaient déjà été proposés ou utilisés à cet effet. L'inconvénient du dispositif était son poids élevé, trois fois supérieur à celui de la cloison résistante allemande et, en un certain sens, son faible encombrement qui, rapprochant la cloison résistante du bordé de carène, laissait un passage vers l'intérieur du navire aux coups courts d'artillerie pénétrant sous la cuirasse de ceinture. C'est peut-être l'une des causes de la perte du *Hood*. Quoiqu'il en soit, ce type de protection fut généralisé sur tous les bâtiments de ligne britanniques refondus après 1918; la seule différence fut l'emplacement du caisson de protection, constitué par un soufflage extérieur, garni de tubes, pendant que l'ancien bordé de carène, renforcé, devenait cloison résistante. La marine américaine adoptait de son côté une protection par cloisons multiples, pas très différente de la réalisation allemande, et dans laquelle on séparait la cloison résistante et la cloison d'étanchéité. Mais elle ne lui était certainement pas supérieure, la division de la cloison résistante ne pouvant qu'être défavorable à la tenue de l'élément le plus voisin du centre de l'explosion. La protection par cloisons multiples fut reproduite sur tous les cuirassés

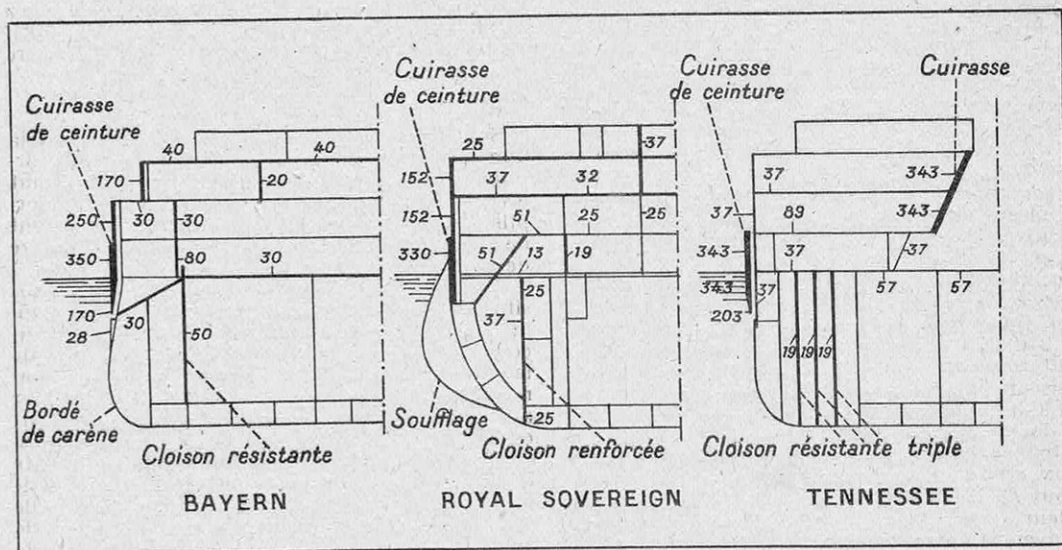


FIG. 2. — QUELQUES EXEMPLES DE PROTECTION SOUS-MARINE

A gauche, sur le Bayern (cuirassé allemand achevé au cours de la guerre de 1914-1918), la cloison résistante du caisson pare-torpilles est de 50 mm. Au centre, sur le Royal Sovereign (cuirassé anglais achevé également en 1914-1918), le caisson pare-torpilles a été établi après construction; une cloison longitudinale a été renforcée à 37 mm et un soufflage extérieur a été établi à mi-hauteur de la cuirasse de ceinture. A droite, sur le Tennessee américain, la cloison résistante est divisée en trois, de 19 mm chacune.

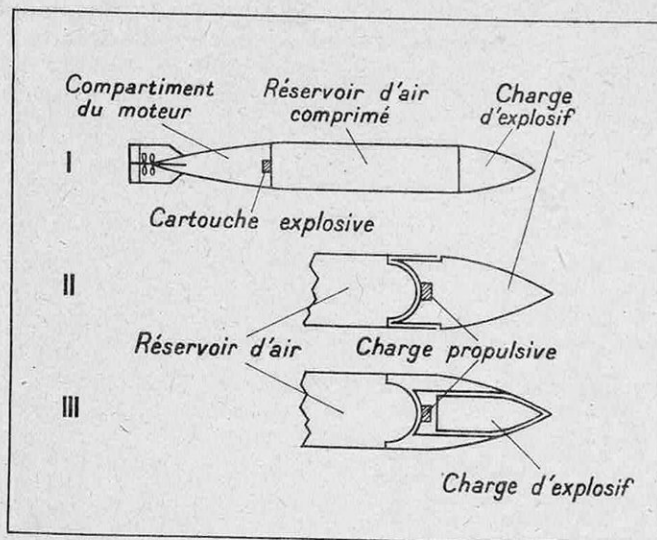


FIG. 3. — SCHÉMAS DE TORPILLES PERFORANTES

Les trois schémas ci-dessus sont ceux de trois types de torpilles perforantes présentés en 1928 à la marine française. En I, la torpille classique est adaptée à la perforation du bordé de carène et des cloisons légères jusqu'à la cloison résistante exclusivement, par addition d'une cartouche explosive placée sur le fond arrière du réservoir d'air comprimé, l'explosion étant commandée par une fusée instantanée; l'éjection brusque sur l'arrière de l'air comprimé non utilisé pour la propulsion de la torpille suffit à la perforation de tôles relativement minces. En II, le corps du réservoir est prolongé sur l'avant de son fond hémisphérique pour former le tube d'un canon projetant le cône explosif à l'impact. La même solution est appliquée en III, avec sous-calibrage donnant une vitesse plus grande. La première solution doublerait au moins la vitesse d'impact; la deuxième la triplerait avec 4 à 5 kg de poudre seulement; la troisième permettrait d'atteindre les vitesses nécessaires à la perforation des cloisons pare-torpilles deux ou trois fois plus épaisses que les cloisons des grands bâtiments actuels. L'aménagement pour la perforation des torpilles en service, en faisant exploser la charge à l'intérieur des grands compartiments protégés aurait provoqué fréquemment la perte des grands bâtiments sous l'effet d'une seule torpille, notamment, une fois sur trois impacts environ, par l'explosion des soutes à munitions, explosion que la torpille n'a jamais provoquée au cours de cette guerre. On remarquera l'emploi de la propulsion par réaction en I et II, la charge propulsive étant fixée au cône; elle n'était d'ailleurs pas une nouveauté en 1928, ayant été expérimentée un siècle plus tôt sur torpille marine par le général Paixhans.

américains achevés au cours de la guerre de 1914 et dans les années qui suivirent.

De 1918 à 1939, il semble bien que les différentes marines n'aient apporté de grands perfectionnements ni à l'attaque ni à la défense.

On ne s'écarta guère du calibre des torpilles allemandes de 1918; on augmenta la puissance des moteurs, surtout par le recours généralisé à la turbine, en même temps qu'une étude thermodynamique un peu plus poussée des moteurs à air comprimé améliorerait la consommation; on fit même appel à l'oxygène ou à divers produits à teneur d'oxygène plus élevée, et plus aisément transportables que l'air comprimé, en quoi les marines devançaient de quelques années la technique aujourd'hui en faveur dans l'aviation et les armes volantes sans pilote. Mais, comme on se refusait à tout changement de principe de l'arme qui eût bouleversé les situations respectives de l'attaque et de la défense, le gain relatif de vitesse que ces perfectionnements valaient à la torpille lui permettaient tout juste de suivre les progrès

parallèles du grand bâtiment.

On n'a pas encore publié les réalisations en matière de protection sous-marine dans la période de 1918 à 1939. La cloison résistante, doublée d'une cloison d'étanchéité, à distance accrue du bordé de la carène grâce à l'encombrement sans cesse réduit des appareils propulsifs, semble bien en être resté l'élément essentiel. A en juger par la résistance, que nous examinons en détail un peu plus loin, des nombreux bâtiments atteints par torpilles de 1939 à 1945, les compléments que ce dispositif reçut n'ont pas dû en améliorer beaucoup l'efficacité.

L'attaque du navire par l'avion

Les premières bombes lâchées à terre furent des projectiles d'artillerie rebutés, avec quelques chiffons en guise d'empennage; les premières torpilles lancées d'un avion contre un navire furent de vieux modèles déclassés, qui avaient le double avantage du petit calibre, donc de la légèreté, et de l'économie pour un essai aussi aléatoire. Pendant plus de vingt ans, l'aviateur n'a pas abandonné ce complexe d'infériorité vis-à-vis du marin dont il copiait les armes pour détruire les navires.

L'attaque à la bombe du navire de ligne, tel qu'il se présentait en 1918, ne présentait aucune difficulté particulière pour l'établissement de l'engin; n'importe quelle grosse bombe, à 50 % environ d'explosif, faisait l'affaire. Les cuirassés de 1914 recevaient en effet des ponts blindés de 50 mm au maximum, en acier de nuance relativement douce, quelquefois en plusieurs plans de tôle, qui étaient destinés uniquement à faire ricocher des projectiles d'artillerie à faible angle de chute. La bombe de 250 à 500 kg traversait aisément de telles épaisseurs qu'elle attaquait à incidence presque normale. Aux premiers essais de lancement sur un cuirassé autrichien livré à l'armistice, la marine française retrouva dans le sable du fond les bombes qui l'avaient traversé de part en part.

Le problème se compliquait un peu plus avec la progression des distances d'engagement entre 1914 et 1918, et le relèvement indispensable d'épaisseur des ponts blindés qu'elle entraînait, l'angle de chute des projectiles croissant avec la distance de tir. Les marins et leurs techniciens se saisirent de la question, et, après étude, affirmèrent que le problème de la protection contre le gros projectile à grande distance primait celui de la protection contre la bombe, lancée d'une altitude telle qu'on eût encore des chances d'atteinte. Il ne restait qu'à en convaincre l'aviateur, entreprise qui n'était guère difficile, puisque l'aviateur susceptible

de s'intéresser à ces questions dépendait presque partout du marin.

Ce fut l'époque du *Nelson*, du *Dunkerque*, de ces cuirassés protégés « contre la bombe de 500 kg lancée à 3 000 m », réservée aux aviateurs sérieux, pendant que l'on abandonnait aux fantaisistes le soin d'en lancer de plus grosses de plus haut. En réalité, les protections de 150 et même de 125 mm, en deux ponts, qu'on affirmait répondre à ces conditions, résistaient peut-être à la bombe spécialement choisie pour l'essai, mais certainement pas à celles qu'on eût pu établir pour la perforation de cette épaisseur. Si, au lieu de caractéristiques très inférieures à celle du projectile de rupture, on avait réduit la charge d'explosif et le calibre des bombes du poids choisi, on eût perforé largement l'ensemble des ponts qu'on affirmait résister aux bombes. Mais comment l'aviateur, auquel les spécialistes de l'artillerie navale offraient des bombes spécialement étudiées pour la destruction du navire, aurait-il cru qu'on pût faire mieux ?

Il se laissa pareillement convaincre par les spécialistes en torpilles. Assurément, depuis l'époque où le premier hydravion en avait lancé une contre un navire marchand, la technique aéronautique avait fait des progrès ; on pouvait emporter des engins plus lourds. Cependant, il n'était pas encore question de monter sur avion le nouveau calibre de 550 mm, réservé aux bâtiments de surface et aux sous-marins ; le 450 mm était un maximum, et de nombreux stocks de ce calibre, réglementaire avant 1914, se trouvaient précisément disponibles. On ne pouvait davantage songer à doter l'avion d'une torpille « distance », bonne pour les navires qui ne pouvaient pas rejoindre une position de lancement trop rapprochée sous le feu d'artillerie de l'adversaire ; la torpille « vitesse », plus légère, convenait à l'avion qui pouvait se permettre cette manœuvre à moindres risques.

Par ailleurs, les torpilles offertes ne répondaient pas à toutes les exigences. Lancées d'un navire, elles ne portaient pas à grande vitesse et ne tombaient pas de très haut. L'aviateur aurait bien aimé pouvoir lâcher les siennes sans être obligé de descendre à 20 m de l'eau, au milieu des gerbes de grosse artillerie, et de réduire sa vitesse au minimum au moment où il se trouvait le plus exposé. Mais il aurait cassé le mécanisme fragile et la tôle mince de la torpille marine, et on n'allait évidemment pas entreprendre d'étude d'un modèle renforcé pour un emploi aussi aléatoire que le torpillage d'un navire par un avion.

Pour la deuxième fois, on tenait l'adversaire. Le cuirassé était sauvé. Il n'était évidemment pas difficile de démontrer que le caisson de protection établi pour la torpille de 550 mm résistait à fortiori à celle de 450 mm qui armait l'avion, et, pour ce qui était des chances d'atteinte, avec les sujétions que l'engin qu'on venait de placer à l'aviateur lui imposait, on pouvait être tranquille.

Les leçons de la guerre : la résistance du cuirassé au projectile d'artillerie

Comme la guerre de 1914, la guerre de 1939 a prouvé que la protection du grand bâtiment contre le calibre qu'il portait, et contre lequel on convenait de le protéger (en sous-entendant que ce calibre était celui du bâtiment similaire qu'il avait à combattre), avait été largement calculée.

La première démonstration fut encore donnée, fin 1939 comme fin 1914, par des croiseurs soumis au feu d'une artillerie de cuirassé. L'*Admiral Graf Spee*, « cuirassé de poche » allemand armé de 280 mm, fut rejoint par deux croiseurs britanniques armés de 203 et de 152 mm. L'artillerie de ces derniers fut gravement endommagée au cours du combat, mais leurs coques, protégées seulement par des ponts blindés, ne souffrit pas d'avaries majeures.

L'exemple le plus probant fut donné par le *Bismarck*, touché légèrement d'abord, puis plus gravement par des torpilles d'avions. La « Home Fleet », qui arrivait sur le lieu du combat, obtint que l'adversaire du malheureux *Hood* fût réservé à ses canons. Elle essaya plusieurs calibres jusqu'au 406 mm inclus. Comme le navire flottait toujours, il fallut l'achever avec une salve de torpilles de croiseur.

Assurément, à côté de ces succès de la protection, on relève, dans les rares combats d'artillerie entre grands bâtiments, d'autres cas où l'un des deux adversaires succomba très rapidement.

Au cap Matapan, les croiseurs italiens ne tinrent que quelques minutes devant les cuirassés britanniques. Mais le calibre du navire de ligne était passé des 280 mm de l'*Admiral Graf Spee* aux 381 mm des *Warspite* ; le combat eut lieu de nuit à courte distance ; enfin, malgré l'apparence et la simple comparaison des échantillons de ceinture et de ponts blindés, les *Zara* italiens, comme tous les croiseurs dont l'appareil propulsif débordait largement la flottaison, étaient beaucoup plus vulnérables que les croiseurs britanniques.

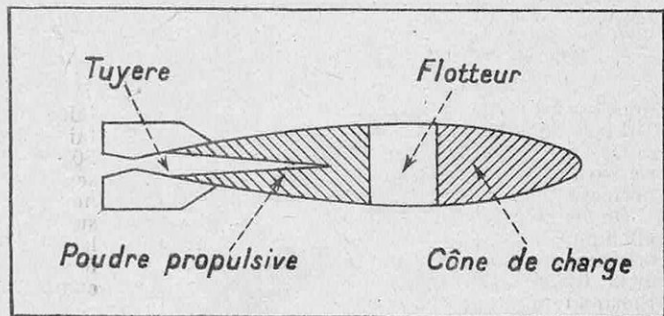


FIG. 4. — SCHÉMA D'UNE TORPILLE PROPULSÉE PAR FUSÉE

Cette torpille de surface, sans moyens de direction, diffère de la torpille classique par son profil. L'allongement exagéré et la forme cylindrique de cette dernière sont très défavorables à la vitesse. La chambre à poudre est en tôle mince, choisie d'après la seule condition de résistance au choc, ce qui permet d'emporter un poids de poudre élevé et d'obtenir un fonctionnement de longue durée (5 à 10 secondes). Voici quelles pourraient être les caractéristiques d'une torpille-fusée de 100 kg, capable de donner une trajectoire de surface de 1 000 m : charge d'explosif, 40 kg ; charge de poudre, 25 kg ; poids du corps de la torpille, 35 kg ; calibre, 250 mm ; épaisseur du corps, 2,5 mm ; pression de fonctionnement, 60 kg/cm².

Soumis au feu du *Bismarck*, le *Hood* coula en quelques instants quand le premier supporta le tir des gros canons de la « Home Fleet » pendant plusieurs heures. Il est difficile de se prononcer sur les causes de la perte du navire britannique, défini vers 1918 comme « un croiseur de bataille ayant la protection d'un cuirassé ». La protection sous-marine était certainement un de ses points faibles, comme sur tous les grands bâtiments de la « Royal Navy » construits ou refondus vers 1918. D'autre part, l'explosion des soutes qui provoqua la fin du *Hood* montre que les mesures prises dans la marine britannique n'avaient pas réussi à éviter les accidents auxquels elle devait la fin de ses croiseurs de bataille au Jutland. Comme rien ne permet de supposer que les projectiles de 381 mm du *Bismarck* avaient une vertu particulière pour faire sauter par influence une soute à munitions, et qu'aucune destruction de ce genre n'est à relever sur les très nombreux bâtiments de ligne allemands, américains et japonais, victimes de la bombe et de la torpille, il faut expliquer la fin du plus gros des navires de la marine britannique par une mauvaise organisation des munitions ou de leur logement à bord, qui n'a rien à voir avec la résistance générale d'une coque de cuirassé.

Cet accident mis à part, on doit conclure que les rares engagements au canon, au cours de cette guerre comme au cours de la précédente, ont démontré la résistance du navire de ligne aux projectiles de gros calibre.

La résistance du cuirassé à la bombe d'avion

La bombe d'avion, sous la forme qu'on lui avait donnée en 1939, ne réussit pas mieux que le projectile d'artillerie à couler le navire de ligne. Dès les premiers jours de la guerre, les attaques de la R. A. F. sur la flotte allemande à Kiel et Brunsbüttel échouèrent. Les premiers navires victimes de la bombe furent des croiseurs allemands, des contre-torpilleurs et torpilleurs

français et britanniques, au cours de la campagne de Norvège et des opérations sur le front occidental. Croiseurs et navires légers de la « Royal Navy » payèrent également un lourd tribut lors de l'affaire de Crête. Mais, jusqu'à l'entrée en guerre du Japon, aucun navire de ligne n'avait encore été coulé à la bombe, pas plus d'ailleurs qu'à la torpille. La défense active par l'artillerie, la défense passive par les ponts blindés et le caisson de protection sous-marine contre les coups tombant au voisinage de la carène, avaient donné ce qu'en attendaient les défenseurs du cuirassé.

La mise hors de combat de la flotte de ligne américaine à Pearl Harbor, la destruction du *Prince of Wales* et du *Repulse* au large des côtes de Malaisie obligèrent à reviser ce jugement : l'avion coulait le navire de ligne. Encore faut-il distinguer entre les armes qu'il employait.

Contre les navires britanniques, *Prince of Wales* et *Repulse*, le lancement de bombes à grande altitude ne donna rien et visait probablement à détourner l'attention des avions torpilleurs qui prononcèrent et réussirent l'attaque principale.

Le détail des avaries causées par la bombe et la torpille aux cuirassés de Pearl Harbor, n'a pas été publié. Cependant, il semble bien que le dommage principal ait été dû à la torpille. Au reste, si l'on pouvait qualifier de moderne la protection sous-marine des navires américains coulés, la résistance de leurs ponts blindés à la bombe n'avait rien de commun avec celle d'un *Nelson*, d'un *Richelieu*, d'un *Bismarck* ou d'un *North Carolina*.

Toute une série d'événements particuliers vint d'ailleurs confirmer l'extrême résistance des cuirassés à la bombe.

Le premier fut la série de bombardements exécutés par la R. A. F. sur le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, dans le port de Brest. Leur retour final en Allemagne montre que la bombe d'avion, telle que la R. A. F. l'employait jusqu'en 1942, était insuffisante contre des navires de protection beaucoup plus faible qu'un cuirassé.

Le plus démonstratif fut certainement la destruction du *Tirpitz*, sur les côtes de Norvège. Ni les torpilles des sous-marins de poche, ni les bombes de poids moyen lancées par les bombardiers en piqué ne réussirent à le couler. Il fallut 21 bombes de 12 000 livres, dont trois atteintes directes et deux ou trois coups proches, pour que le *Tirpitz* chavirât.

La résistance des cuirassés japonais à une époque où la supériorité aérienne américaine était indiscutée vient à l'appui de la même thèse. Au cours de la bataille des Philippines où tous les navires de ligne japonais disponibles furent engagés, un seul fut coulé, pendant que les porte-avions et les croiseurs subissaient des pertes sévères.

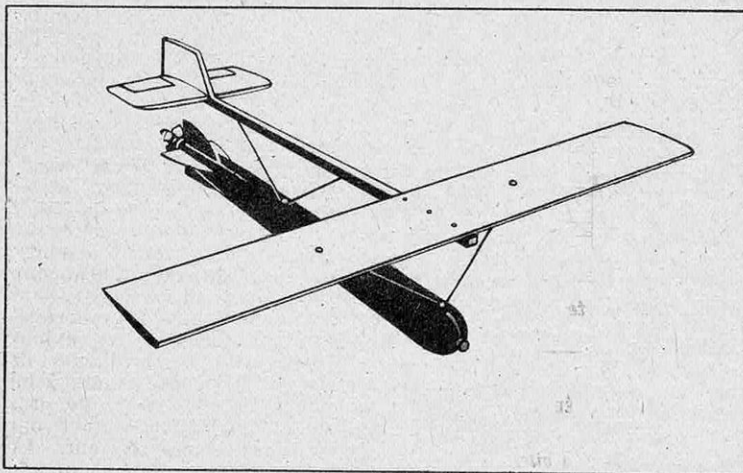


FIG. 5. — PROJET DE TORPILLE PLANANTE D'APRÈS LES SUGGESTIONS DU GÉNÉRAL CROCCO

La torpille, larguée à haute altitude et à grande distance par un avion, est accrochée, pendant son parcours aérien, à un planeur qu'elle abandonne lorsqu'elle touche la surface de l'eau. Elle poursuit son trajet sous-marin en fonction du réglage préalable de ses dispositifs d'immersion et de direction.

La résistance du cuirassé à la torpille

Si la protection du cuirassé contre le projectile d'artillerie et la bombe d'avion a largement donné ce qu'on en attendait, on ne saurait en dire autant de la protection contre la torpille lancée par navire ou par avion. Les remarquables résultats obtenus de 1914 à 1918 sur les navires allemands ne furent pas reproduits.

La série noire débuta avec un cuirassé, le *Barham*, coulé à Scapa-Flow par un sous-marin allemand qui s'était introduit au mouillage en même temps que la « Home Fleet ». L'immunité relative des cuirassés engagés en 1940 et 1941 dans les opérations de ravitaillement de Malte s'explique beaucoup plus par l'abondance de leur escorte navale, les faiblesses des avions torpilleurs italiens et l'action vigoureuse de la R. A. F. que par la résistance propre des caissons de protection. Fin 1941, l'état de la flotte britannique en Méditerranée, dont tous les navires de ligne étaient coulés ou indisponibles par suite des attaques à la torpille, au mouillage ou à la mer, était alarmant. La perte du *Prince of Wales* et du *Repulse* sous les coups des avions torpilleurs japonais achevait de placer la flotte de ligne britannique dans la situation la plus grave qu'elle eût connue depuis juin 1940.

Au même moment, les torpilles japonaises infligeaient aux navires de ligne américains, à Pearl Harbor, un échec plus grand encore.

Les navires de l'Axe résistèrent mieux. La raison en est certainement dans la facilité de protection d'un navire au mouillage, à l'abri de chalands et de filets, par rapport à la naviga-

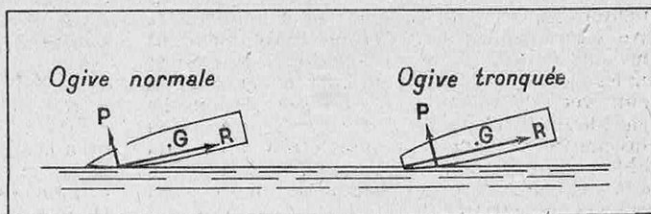


FIG. 7. — EFFET DE LA TRONCATURE D'OGIVE SUR L'APTITUDE AU RICOCHET

Aux faibles angles de chute, les projectiles ogivaux (figure de gauche), ont tendance à ricocher, la composante R de la réaction de l'eau suivant leur axe, ayant, par rapport à leur centre de gravité, un moment inférieur à la composante P normale à cet axe (effet de « portance »); le phénomène est d'autant plus marqué que les ogives sont plus allongées. La pénétration est facilitée par la troncature des projectiles (figure de droite), qui augmente fortement la résistance R. Comme la troncature est défavorable aux qualités balistiques, elle est recouverte, pour le parcours aérien, par une fausse ogive légère, détachable au choc sur l'eau. L'explication précédente n'est en réalité valable que pour le projectile stabilisé par empennage, mais le résultat reste sensiblement le même, malgré l'effet gyroscopique, pour le projectile stabilisé par rotation.

tion au large, dans l'escorte d'un convoi.

La marine italienne n'avait pris en 1940, aucune de ces précautions. Elle fut victime à Tarente des avions de la « Fleet Air Arm » dont les torpilles lui coulèrent ou endommagèrent gravement trois cuirassés, la mettant ainsi hors de cause à un moment fort opportun pour la marine britannique.

La marine japonaise, rendue prudente par la mésaventure de son adversaire à Pearl Harbor, se garda bien d'exposer ses cuirassés aux torpilles des avions américains. Ce n'est que dans la dernière année de guerre, après le sacrifice presque total des autres types de bâtiments, que les navires de ligne furent engagés. Bien qu'ils aient été repoussés comme les autres, il faut reconnaître qu'ils résistèrent nettement mieux

et qu'ils furent même à peu près les seuls bâtiments qui revinrent de la tentative désespérée contre la flotte américaine qui appuyait le débarquement des Philippines.

La résistance des navires de ligne allemands à la torpille d'avion tranche nettement sur celle des autres. L'attaque massive des avions torpilleurs Fairey « Swordfish » sur le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* dans le Pas-de-Calais n'empêcha pas leur rentrée au port, bien qu'ils fussent atteints. Le cas du *Bismarck* est beaucoup plus démonstratif. Le navire, sans protection aérienne, fut successivement attaqué par les avions torpilleurs et les torpilleurs de surface; il fut ensuite soumis à un feu concentré d'artillerie de gros calibre et finalement achevé par les torpilles d'un croiseur. Le nombre d'atteintes avant que le navire coulât dépassa largement les trois ou quatre qui avaient suffi pour les cuirassés britanniques anciens ou récents.

Il ne faut donc pas juger de la résistance possible du cuirassé au type de torpille d'avion en

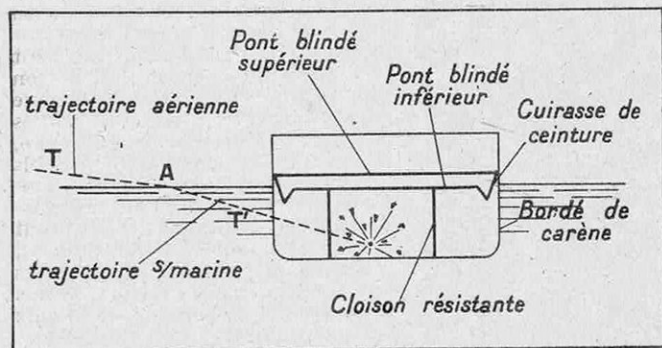


FIG. 6. — ATTAQUE PAR PROJECTILE-TORPILLE-FUSÉE D'UN NAVIRE PROTÉGÉ

La solution la plus simple semble être la propulsion à vitesse modérée sur la trajectoire aérienne T, 800 m/s par exemple, et une propulsion beaucoup plus puissante sur la trajectoire sous-marine T' où la vitesse tombe très rapidement dès qu'il n'y a pas autopropulsion en raison de la différence des densités entre l'air et l'eau. On pourrait ainsi obtenir l'explosion à l'intérieur du navire des coups courts tombant à 150 ou 200 m, sans aucun dispositif fragile de gouverne ou réglage d'immersion qui résisterait difficilement au choc en A. Tous ces dispositifs, radioguidage, autodirection, peuvent d'ailleurs être employés sur la trajectoire T.

usage en 1939 d'après les pertes italiennes, américaines ou britanniques. L'exemple du *Bismarck* montre que l'on pouvait faire beaucoup mieux. Peut-être même, sans les déficiences de la défense des bases ou de l'escorte qui furent les facteurs essentiels du succès de l'avion à Tarente, à Pearl Harbor et en Malaisie, les navires de ligne n'auraient-ils pas subi de plus grands dommages sous les coups de la torpille que sous ceux de la bombe. Les avions auraient été descendus par dizaines, comme dans le Pas-de-Calais ; un ou deux navires auraient été atteints, et remis en service deux mois plus tard, et l'on enseignerait aujourd'hui, avec quelque apparence de vérité, que le navire de ligne, combinant la défense active et passive, a résisté à l'avion comme à toutes les armes dont on l'avait menacé jusqu'ici.

La bombe-torpille à propulsion par fusée

La résistance au projectile, à la bombe et à la torpille, dont les navires de ligne allemands ont donné l'exemple le plus remarquable, n'est pas une question de quelques milliers de tonnes en plus ou en moins. Si le *Bismarck* et le *Tirpitz* dépassaient largement la limite de 35 000 t respectée par les autres marines, ils n'atteignaient probablement pas le déplacement du *Hood*. Quant au *Scharnhorst* et au *Gneisenau*, s'ils faisaient plus que les 26 000 t qu'on leur attribuait officiellement, ils restaient certainement en dessous des 35 000 t fixées à Washington.

Beaucoup plus que de l'épaisseur et du poids des blindages, la valeur de la protection dépend de leur judicieuse répartition, du cloisonnement et de la stabilité du navire liée à sa largeur. On avait déjà observé sur les cuirassés allemands

remis aux Alliés en 1918 la valeur élevée du module de stabilité, deux fois plus forte environ que sur les cuirassés alliés. Il ne semble pas qu'on ait tenu suffisamment compte de cette constatation, au même degré du moins que la marine allemande qui releva encore largeur et stabilité. Aux 32 m d'un *Hood*, aux 31,40 m d'un *King George V*, un *Bismarck* opposait ses 36 m. C'est leur stabilité, suprême protection contre les avaries de toute origine, qui a rendu si difficile la destruction des navires allemands et en a sauvé certains jusqu'à l'armistice. Si on lui ajoutait l'élargissement corrélatif du caisson de protection sous-marine, il devait être très difficile de couler le navire de ligne par voie d'explosion au contact de la carène.

En réalité, ni le projectile de grosse artillerie ni la bombe d'avion, ni la torpille, sous les formes simples qu'on leur a données jusqu'à présent, ne conviennent à la destruction du navire de ligne. L'aviation allemande a le mérite de l'avoir reconnu la première et d'avoir mis en construction aux derniers mois de la guerre, trop tard pour s'en servir, une arme qui sera certainement celle de l'avenir et dont les Alliés ont saisi plusieurs exemplaires en cours d'essais : la bombe-torpille propulsée par fusée à grande vitesse.

L'intérêt de combiner la trajectoire aérienne et la trajectoire sous-marine avait été signalé, quelques années avant 1914, par l'artillerie française de la défense des côtes, alors rattachée au ministère de la Guerre. La véritable torpille, soutenait-elle, c'était le projectile d'artillerie, tiré légèrement court, qui prolongeait sur une cinquantaine de mètres sa trajectoire aérienne par une trajectoire sous-marine, et explosait au contact de la carène. Pour en tirer le meilleur

parti, il suffisait de remplacer le lourd projectile de rupture par un projectile plus léger à grande capacité d'explosif ; l'établissement d'une fusée à grand retard ou d'une fusée percutante fonctionnant au choc sur tôle et non au choc sur l'eau ne présentait aucune difficulté.

L'adoption de cette nouvelle arme fit l'objet d'une longue polémique entre les techniciens français de la Guerre et de la Marine, ceux-là excipant de leur droit d'attaquer l'adversaire éventuel par les procédés qu'ils jugeaient les plus efficaces, ceux-ci protestant contre l'abandon des armes traditionnelles. Chacun resta sur ses positions jusqu'à l'absorption par la Marine de la défense des côtes en 1916, et le projectile-torpille abandonné aurait passé pour une fantaisie sans intérêt si l'on n'avait appris à la fin de la guerre que le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, croiseurs-cuirassés coulés aux Falklands en décembre 1941 par les projectiles de 305 mm des croiseurs de bataille britanniques, avaient supporté sans grand dommage les atteintes directes, mais n'avaient pas résisté aux rentrées d'eau sous la flottaison par explosion des coups courts. Le projectile-torpille avait donc justifié son

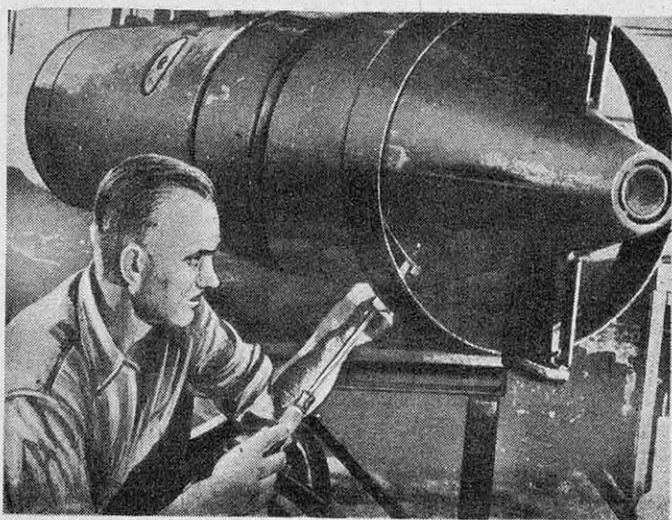


FIG. 8. — LA TORPILLE D'AVIATION AMÉRICAINE A PROPULSION PAR FUSÉE APPELÉE « HYDRO-BOMB »

Développée par le groupe industriel Westinghouse, cette torpille a un corps de 3 m de long et porte, à l'avant, une charge explosive de 270 kg. Elle est équipée à l'arrière d'un moteur-fusée à combustible solide dont l'effort de propulsion maximum est de 450 kg. Ce moteur n'entre en action qu'après la chute dans l'eau, un ensemble de gyroscopes assurant alors de la manière habituelle la route en direction et en profondeur. Ce dispositif, généralement fragile, est ici remarquablement résistant puisque des lancements ont pu être effectués sans dommages par des avions volant à 600 m de hauteur au-dessus de la mer et à 480 km/h.

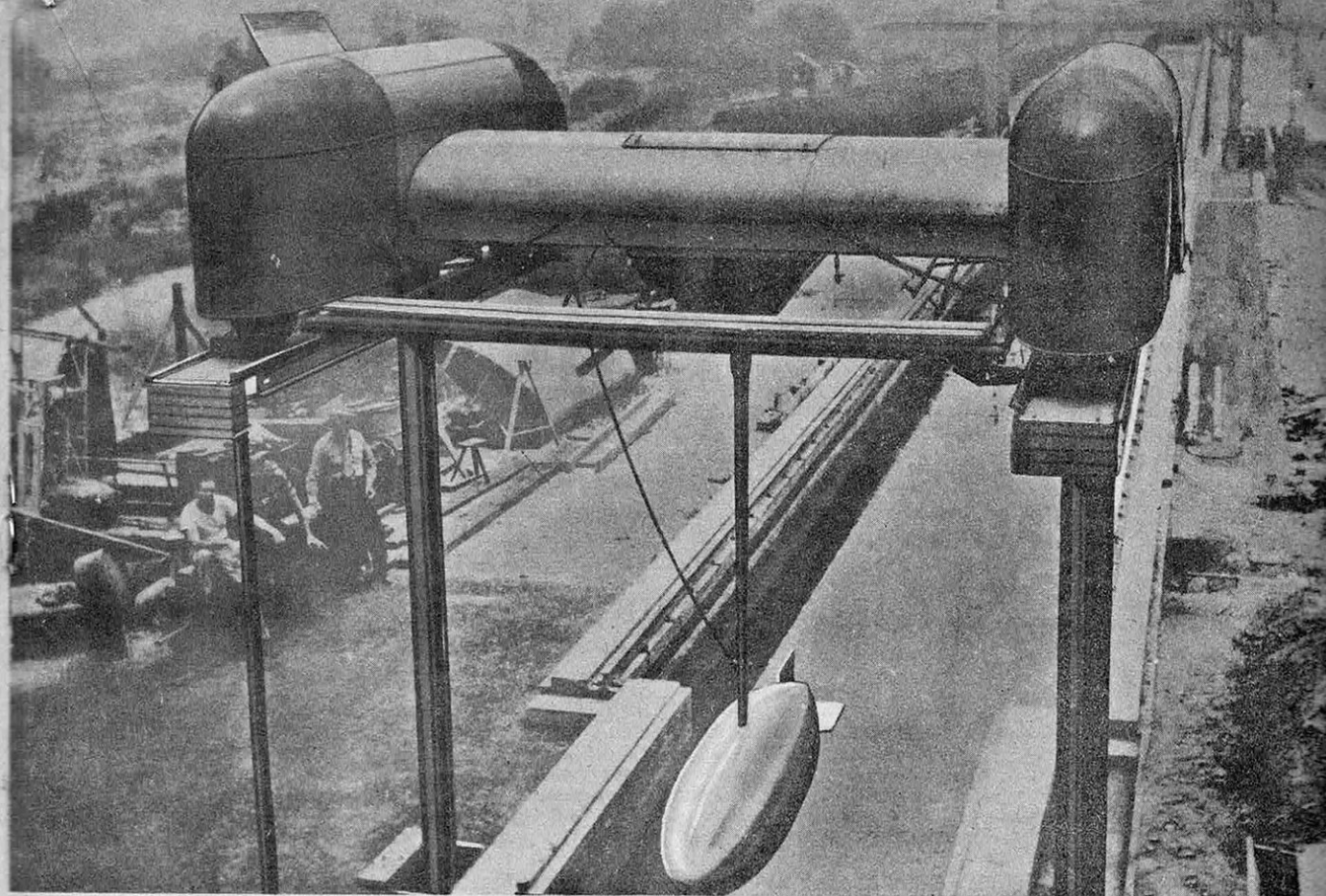


FIG. 9. — CANAL D'ESSAIS ET DE MESURES D'UNE « HYDRO-BOMB » A RÉACTION, PROPULSÉE PAR COMBUSTIBLE SOLIDE, A L'INSTITUT DE TECHNOLOGY DE L'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE

droit à l'existence ; mais ce n'est pas une condition suffisante à l'introduction d'une arme qui prétend supplanter à la fois la torpille et le canon.

Le projectile-torpille présentait un autre avantage. A l'époque où l'artillerie de côte française le préconisait, on ignorait encore les réalisations allemandes en matière de protection sous-marine, et on ne considérait pas qu'il fût possible d'en établir une efficace. Après 1918, nul n'en contestait plus l'intérêt. Or, le projectile-torpille, avec sa vitesse restante d'une centaine ou même seulement d'une cinquantaine de mètres/seconde, possédait largement l'énergie nécessaire à la perforation du bordé de carène et de la cloison résistante. Il conduisait la charge d'explosif dans les compartiments jugés protégés et tournait ainsi le principe même de la protection sous-marine : arrêter l'onde explosive par un caisson dans lequel la règle du jeu interdit de faire pénétrer l'engin.

Nous en fîmes la remarque dès 1928 et proposâmes d'organiser non seulement les projectiles, mais encore les torpilles suivant cette formule mixte qui visait à introduire la charge à l'intérieur du bâtiment au lieu de la faire exploser à sa rencontre. La marine française construisait alors ses premiers navires à protection sous-marine ; elle ne jugea pas urgent de modifier les armes en service pour annuler l'efficacité de cette protection.

On pouvait espérer plus de succès auprès de l'aviation qui n'était pas tenue aux mêmes scrupules. La fusée était tout indiquée pour la propulsion de cet engin mixte à partir d'un avion qui ne pouvait s'offrir le luxe d'un canon lourd. D'où la solution d'une bombe-torpille propulsée

par fusée, lancée en semi-piqué, à trajectoire aérienne prolongée par un élément de trajectoire sous-marine lorsqu'elle rencontrait la mer au voisinage de l'objectif. La suggestion fut publiée en 1936 (1). Mais la bombe-fusée, proposée simultanément, était déjà jugée trop compliquée pour un aviateur ; la bombe-torpille-fusée devait donc attendre la fin de la guerre pour qu'on en reparlât.

Il n'est certainement pas inutile de revenir sur les avantages de cette combinaison et de préciser comment elle permet de tourner les réalisations actuelles en matière de protection aérienne et sous-marine.

Le principe de la destruction du navire par voie d'explosion sous-marine est excellent, mais la torpille, qui l'applique, a le défaut d'une vitesse faible, même pas le double de celle des grands bâtiments auxquels on la destine. Ou bien on la lance à grande distance, et l'esquive est aisée. Ou bien l'avion s'approche à 1 000 ou 1 500 m du navire, qui n'a plus le temps d'exécuter sa manœuvre de dérochement, mais il risque fort d'être descendu. Toute l'organisation de l'escorte navale ou aérienne est fondée sur cette faible vitesse de la torpille qui exige le lancement à partir d'une position sur l'avant du travers, le bâtiment attaqué venant en quelque sorte au devant d'elle. C'est là que l'on attend le torpilleur, qu'il soit de surface, sous-marin ou aérien. L'avion qui essaie de pénétrer dans cette zone y trouvera non seulement le feu de son adversaire principal, mais celui d'une demi-

(1) On la trouvera reprise dans « La torpille d'avion aura-t-elle raison du cuirassé ? » (n° 241 *Science et Vie*, juillet 1937). Voir également figure 6.

douzaine de bâtiments légers placés là pour sa défense.

Le recours à la trajectoire aérienne, dans un air huit cents fois moins résistant que l'eau à vitesse égale, résout entièrement le problème du lancement lointain à faible durée de trajet. On pourrait faire porter la torpille par un planeur détachable au choc sur l'eau, comme le proposait le général Crocco au cours de la guerre de 1914, ou bien ajouter à cette torpille planante un moyen de propulsion pour en faire une torpille volante genre V-1. Mais pourquoi s'en tenir aux vitesses de 200 ou 300 m/s, dix fois supérieures à peine à celles des torpilles marines, quand la fusée donnait, dès le débarquement de Normandie, 1 300 m/s sur les bombes antichars américaines, et, quelques mois plus tard, plus de 1 600 m/s sur les V-2 ? On y trouvera l'avantage d'améliorer encore la justesse et la précision du tir, en même temps que la puissance de perforation. Un tel engin ne manquerait pas un torpilleur et percerait la protection du plus gros des cuirassés, même au-dessus de la flottaison.

La propulsion par fusée convient aussi bien à la trajectoire sous-marine qu'à la trajectoire aérienne, à condition de se limiter à de faibles parcours. Il n'en est guère de plus résistante au choc sur l'eau. Si l'engin rencontre la mer à très grande vitesse, surtout s'il est radioguidé ou à direction automatique, le point d'impact sera assez voisin du navire pour qu'on puisse se dispenser d'une propulsion spéciale pour un assez court trajet. On peut même se passer des organes de tenue de plongée. Si l'on veut, au contraire, une trajectoire sous-marine de 200 à 300 m de longueur, la propulsion par fusée à combustion progressive maintiendra la vitesse à une valeur suffisante pour la pénétration dans les œuvres vives, d'une façon plus économique que la vitesse d'impact élevée, qui est rapidement freinée par l'eau ; les organes de tenue de plongée sont alors indispensables.

Le choix du poids unitaire des bombes-torpilles pose un problème qui avait été fort mal résolu par la torpille d'avion. Dès que l'on fait éclater au contact de la carène une charge de quelques dizaines de kilogrammes, la voie d'eau dépasse le débit des très grosses pompes ; l'emploi d'une charge de 400 à 500 kg augmente l'importance de l'avarie, mais beaucoup moins que la multiplication des charges (1), et leur dispersion le long de la carène, qu'une ving-

(1) La question a été examinée en détail dans l'article précité de 1937. Il semble bien que la perte de tous les cuirassés coulés par torpilles au cours de cette guerre s'explique par la réduction de stabilité due à la multiplicité des impacts, et non à une avarie grave, explosion de soutes par exemple, provoquée par une très grosse charge.

taine de charges de 20 à 25 kg par exemple. La supériorité de la petite charge est encore plus accentuée si on est assuré qu'elle pénètre à l'intérieur du caisson de protection. Aussi, toutes les fois du moins qu'on n'aura pas recours à des procédés complexes et coûteux de radioguidage ou de direction automatique, la bombe-torpille à propulsion par fusée devra être un engin d'une centaine de kilogrammes au maximum, dont on pourra multiplier les impacts. La formule la plus efficace et la plus économique contre les cuirassés actuels est celle de la bombe-fusée américaine antichars, à grande vitesse, qu'un chasseur-bombardier lancerait par salves de six à huit à une dizaine de kilomètres de l'objectif.

L'organisation de l'engin en vue de son fonctionnement à l'impact est indépendante de sa disposition générale, de son mode de lancement, de sa sustentation, de sa propulsion, de sa direction automatique ou de son radioguidage éventuels. La bombe-torpille pourrait même n'avoir aucun mode de propulsion et se réduire à une bombe ordinaire lancée en semi-piqué à faible distance, mais la simple addition d'une propulsion par fusée multiplie son efficacité, en même temps qu'elle assure la sécurité de l'avion. La voilure, qui donne aisément à la trajectoire la pente faible convenable pour son prolongement sous-marin dans un tir à très grande distance, la commande radio de l'allumage des propulseurs successifs, qui réserverait aux derniers kilomètres du parcours les très grandes vitesses, l'allumage automatique de ces propulseurs à faible altitude, qui est une autre solution du même problème, sont des perfectionnements séduisants, si l'on ne craint pas la complication. Mais comment les refuserait-on quand on accepte le radioguidage ou la direction automatique sur l'objectif ? La fin de trajectoire sous-marine est donc une disposition générale, applicable à tous les engins aériens destinés à l'attaque du navire, quelle que soit leur méthode ou leur complication. Elle met hors d'atteinte l'avion qui pourra lancer sa torpille à 10 000 m d'altitude, 20 000 m de distance, si les navires conservent leur artillerie de D. C. A. actuelle, 50 000 ou 100 000 m s'ils font appel, eux aussi, à la fusée pour leur défense.

Elle assure une justesse et une précision de lancement très supérieures, pour les types les plus simples, à celles de la bombe ordinaire. Pour les types les plus complexes, radioguidés ou à direction automatique, où le problème de la justesse et de la précision est résolu d'autre façon, elle met en défaut la protection du grand navire telle qu'elle a été réalisée jusqu'ici.

Camille ROUGERON

Pendant la dernière guerre, l'espionnage allemand a fait un emploi intensif de la microphotographie. La revue *Science et Industries photographiques* révèle que l'image très réduite d'un message à transmettre était enregistrée, d'après un négatif intermédiaire, par un objectif de microscope, sur une couche mince d'émulsion au collodion par noircissement direct. Un message de 80 mots pouvait être alors découpé à l'emporte-pièce (par une aiguille hypodermique sectionnée) et prendre la place d'un point dans un texte dactylographié banal. Il était déchiffré à la réception par un microscope de poche à tube télescopique.

TÉLÉVISION ET RADIOPHONIE SUR ONDE UNIQUE

par André BELLEIX

Pour transmettre le son et l'image dans les émissions de télévision, on fait usage de deux émetteurs plus ou moins distincts et de fréquences porteuses en général assez voisines. Un certain nombre de constructeurs, à l'heure actuelle, orientent leurs recherches vers l'élimination complète de l'un des émetteurs, le son devant être transmis sur la même onde porteuse que l'image dans les intervalles de temps laissés libres entre les lignes successives. Il doit en résulter, d'une part, une économie de bandes de fréquences occupées par chaque station, d'autre part, une économie d'exploitation : à l'émission, par suppression de l'émetteur du son ; à la réception, par simplification des récepteurs et suppression de certains étages d'amplification. Mais ce n'est là sans doute qu'une première étape et le développement rationnel des procédés doit, en fournissant des solutions nouvelles au problème des transmissions simultanées sur la même onde porteuse, donner une orientation nouvelle aux recherches concernant en particulier la stéréophonie ou relief sonore.

La réalisation pratique de la télévision est venue bien après celle de la radio-diffusion, alors que les principaux problèmes soulevés par celle-ci étaient depuis longtemps résolus. Il était donc naturel que, pour les émissions de télévision conjuguées avec leur accompagnement sonore, on s'en tint, pour ce qui concernait le son, aux solu-

tions qui avaient fait leurs preuves et que l'on se contentât de juxtaposer deux émetteurs distincts, fonctionnant chacun sur sa longueur d'onde propre, et transmettant l'un l'image, l'autre le son à deux récepteurs séparés. Or, on sait à quel point, depuis bien longtemps avant la guerre, la multiplication des émetteurs de toutes sortes et les risques de brouillage qui en

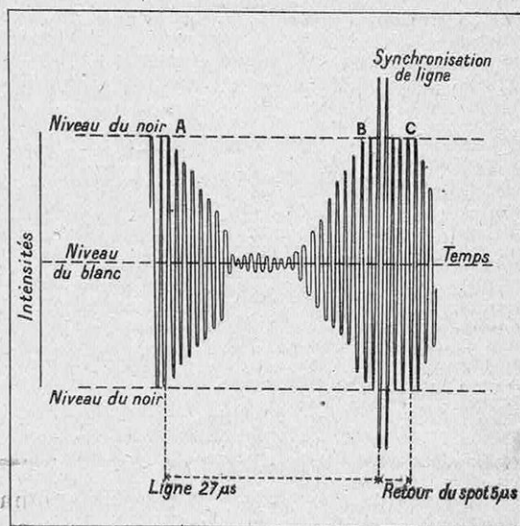
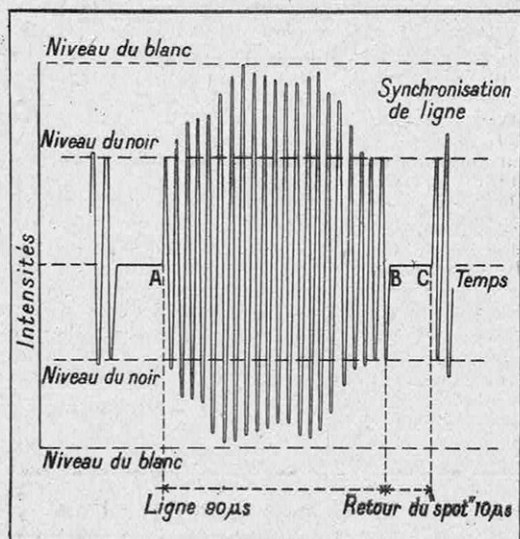


FIG. 1 et 2. — ASPECT SCHEMATIQUE D'UNE ONDE DE TELEVISION AVEC MODULATION « POSITIVE » (B. B. C.) ET MODULATION NEGATIVE (C. B. S.).

Les fréquences relatives ne sont pas respectées dans ces schémas. A gauche, le tracé complet d'une ligne, y compris le temps de retour du « spot », prend environ $\frac{1}{10\ 000}$ de seconde, tandis que la période de l'onde porteuse est de $\frac{1}{45\ 000\ 000}$ c'est-à-dire que l'on aurait dû tracer 4 050 oscillations complètes entre A et B. L'amplitude de l'onde porteuse commande, à la réception, la brillance du « spot ». A droite, il devrait y avoir, entre A et B, 13 000 oscillations complètes et près de 2 500 entre B et C. La brillance du « spot » à la réception croît lorsque l'amplitude de l'onde décroît.

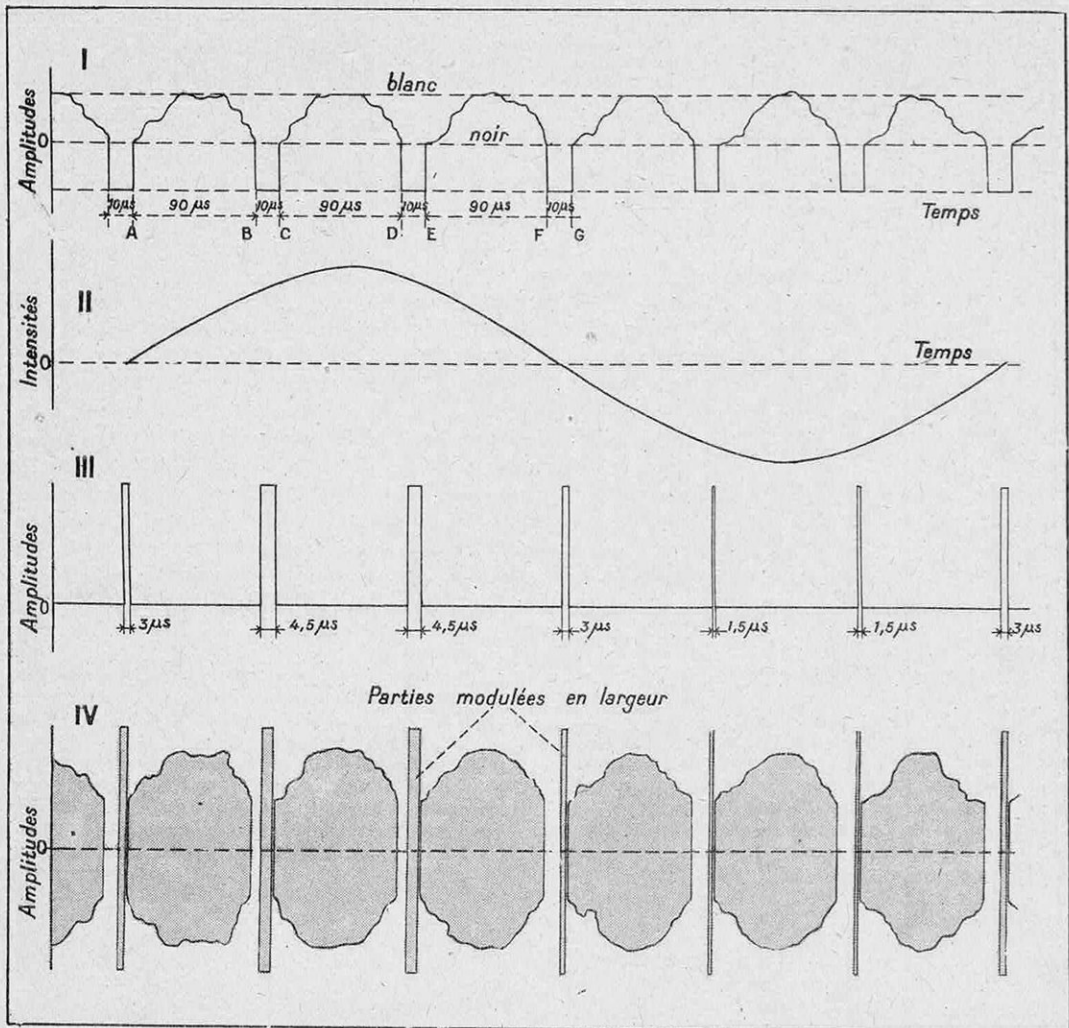


FIG. 3. — MÉTHODE D'INSERTION DES IMPULSIONS DE TRANSMISSION DU SON PENDANT LES PÉRIODES DE RETOUR DU « SPOT » (CAS DE LA MODULATION « POSITIVE ». — B. B. C.).

On voit en I la forme simplifiée (on n'a tracé que l'enveloppe, pourrait-on dire, des oscillations haute fréquence représentées fig. 1) de l'onde portant le signal image et les impulsions de synchronisation de lignes (on n'a représenté que la partie supérieure de l'onde, qu'il faudrait compléter par la symétrique par rapport à l'axe des temps). Les lignes sont décrites pendant les temps AB, CD, EF, etc., et le « spot » revient à sa position de départ, au début de la ligne suivante, pendant les temps BC, DE, FG, etc. En II est tracée la forme d'onde du son, supposé sinusoïdal. En III sont figurées les impulsions, de largeur variable avec l'intensité de l'onde sonore à l'instant correspondant. Il en résulte, en IV, la forme d'onde haute fréquence combinant I et III.

résultaient préoccupaient les techniciens. La situation ne s'est pas améliorée, loin de là. Il pouvait sembler que la faible portée des ondes courtes, domaine de la télévision en particulier, portée qui ne dépasse pas normalement l'horizon de l'émetteur, simplifiait le problème ; mais les anomalies de propagation sont fréquentes (1) et il est possible que l'on soit amené à réviser les idées jusqu'ici admises sur les risques d'interférence entre deux stations, même éloignées, opérant sur des longueurs d'ondes trop voisines.

(1) Voir : « La météorologie radioélectrique », (Science et Vie, n° 352, janvier 1947).

D'autre part, la télévision sortant du stade expérimental pour rentrer dans le domaine commercial, il est évident que les problèmes d'économie d'exploitation des émetteurs et de fabrication des récepteurs passent au premier plan. On s'est déjà efforcé, tant pour les deux émetteurs image-son que pour les deux récepteurs correspondants, de combiner les montages pour que certains organes jouant des rôles analogues dans les deux transmissions soient communs. Les progrès accomplis au cours de ces dernières années en matière de radioélectricité, d'ondes courtes, et, en particulier, les techniques récentes de modulation en fréquence ou par impulsions ont permis d'imaginer une trans-

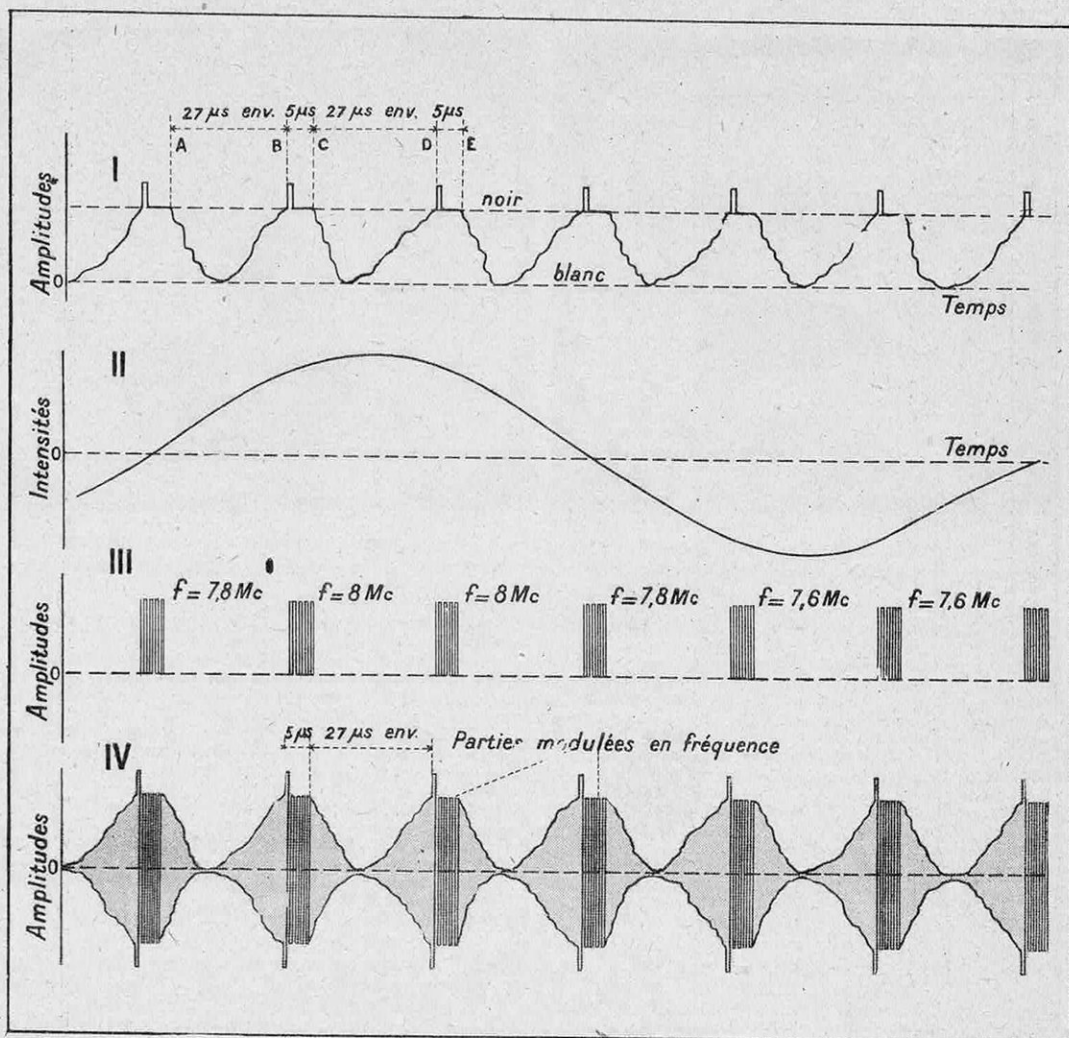


FIG. 4. — MÉTHODE D'INSERTION DES IMPULSIONS DE TRANSMISSION DU SON PENDANT LES PÉRIODES DE RETOUR DU « SPOT » (CAS DE LA MODULATION NÉGATIVE. — C. B. S.).

Comme sur la figure 3, on voit en I la forme d'onde du signal-image et des signaux de synchronisation; en II, la forme d'onde du son, supposé sinusoïdal. En III ont été représentées les impulsions constituées par des trains d'ondes modulées à une fréquence elle-même modulée par le son autour de la valeur moyenne de 7,8 mégacycles. Enfin, en IV, la forme d'onde définitive résulte de la combinaison de I et de III.

formation radicale du mode de transmission du son, dans lequel l'émetteur correspondant est entièrement supprimé et le récepteur très simplifié. De tels systèmes ont été proposés récemment par des constructeurs anglais, américains et français. Une onde unique y est utilisée pour porter la modulation d'image, les signaux de synchronisation de lignes et d'images et la modulation du son.

Comment se présente une onde porteuse classique de télévision? Les figures 1 et 3 montrent très schématiquement une telle onde correspondant à l'ancien « standard » des émissions faites en Angleterre avant la guerre par la B. B. C. (British Broadcasting Corporation), c'est-à-dire 405 lignes par image, 25 images par seconde et modulation « positive ».

Rappelons incidemment que la modulation est dite « positive » lorsque au maximum de l'amplitude de l'onde correspond un blanc pur de l'image, le noir se traduisant par une valeur déterminée de l'amplitude et toutes les valeurs intermédiaires de gris se trouvant comprises entre celle-ci et le maximum. Lorsque chaque ligne a été décrite, l'amplitude de l'onde porteuse est brusquement annulée et le « front » raide ainsi engendré constitue le signal de synchronisation de ligne, qui assure que les organes du récepteur chargés de la reconstitution de l'image suivent rigoureusement ceux de l'émetteur, qui effectuent sa décomposition. Nous verrons plus loin (fig. 2 et 4) un exemple de modulation « négative ».

Les intervalles de temps AB, CD, EF, etc.

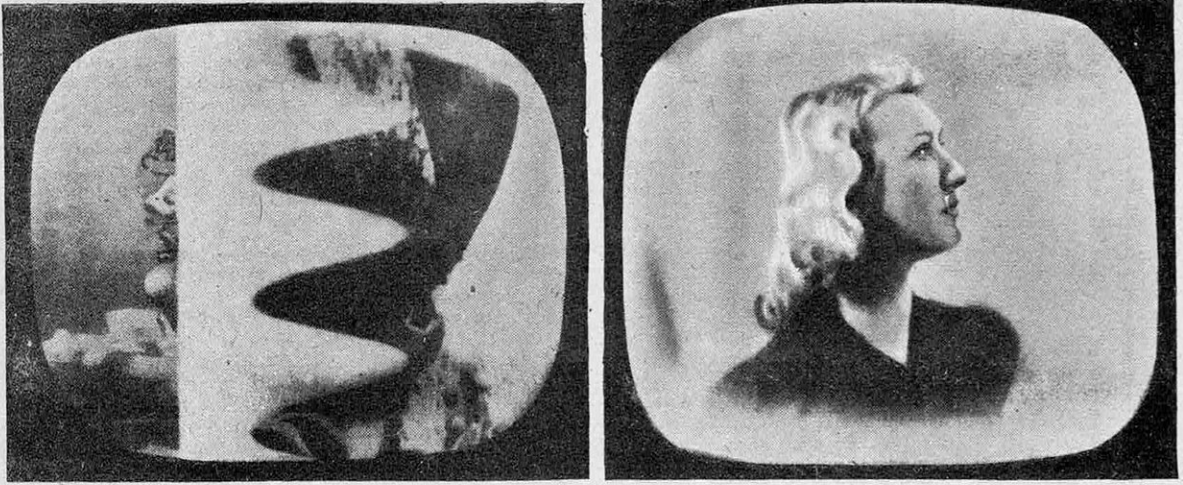


FIG. 5. — COMMENT APPARAÎT, SUR L'ÉCRAN D'UN RÉCEPTEUR, UNE ÉMISSION DE TÉLÉVISION SUR ONDE UNIQUE POUR LE SON ET L'IMAGE, SUIVANT LE SYSTÈME PYE « VIDEOSONIC », A GAUCHE AVEC UN RÉCEPTEUR ORDINAIRE, A DROITE AVEC UN RÉCEPTEUR SPÉCIAL.

Sur la photographie de gauche apparaît, en surimposition, l'image et le son, ici de forme sinusoïdale et dont on peut évaluer la fréquence en remarquant qu'il y a quatre oscillations complètes sur toute la hauteur de l'image; comme on reçoit 50 demi-images par seconde (on reçoit en principe 25 images par seconde, mais, en fait, 50 demi-images, car on applique le procédé de l'« entrelacement », le spot décrivant d'abord les lignes impaires, puis les lignes paires), on en déduit que le son a une fréquence de 50×4 , soit 200 périodes par seconde. Voici comment ce tracé s'inscrit sur l'écran: en se déplaçant de gauche à droite, le « spot » décrit une ligne de l'image (en 90 microsecondes, voir figure 3) avec une brillance variable suivant la valeur lumineuse des éléments d'images successivement rencontrés; à son retour (en 10 microsecondes), sa brillance est d'abord nulle, puis, pendant un temps correspondant à la largeur de l'impulsion, très grande, et enfin de nouveau nulle, jusqu'au début de la ligne suivante. Comme l'image est décomposée en 400 lignes environ (405 exactement), il apparaît, sur l'image, 400 traits brillants, dont la longueur, liée à la durée de l'impulsion, varie suivant l'intensité instantanée de la vibration sonore et dessine celle-ci sur l'écran, à raison de 50 de ces traits par oscillation complète. Tous ces traits sont alignés sur la gauche, puisque, à l'émission, comme le montre la figure 3, l'intervalle du temps qui sépare la fin de l'impulsion du début de la ligne suivante est constant, la largeur de l'impulsion étant prise sur le temps qui la précède. Un récepteur adapté à une telle émission sur onde unique devra éliminer les impulsions pour ne laisser apparaître que l'image sur l'écran, comme sur la photographie de droite.

(fig. 3), correspondent chacun au balayage d'une ligne et sont égaux très approximativement à 90 microsecondes. Les intervalles BC, DE, etc., représentent les temps pendant lesquels le « spot » lumineux qui balaye l'image la traverse en partant de l'extrémité de la ligne qu'il vient de décrire pour gagner le départ de la ligne suivante. Pendant ce trajet, la brillance du « spot » est d'ailleurs entièrement supprimée. Le temps de retour du « spot » occupe 10 microsecondes, de sorte que 10 % du temps de transmission se trouve perdu, non pas du fait du signal de synchronisation, qui pourrait facilement être plus bref, attendu que c'est seulement son début, son « front », qui compte, mais du fait que le « spot » doit revenir constamment au début de la ligne qui suit celle qu'il quitte.

La société anglaise *Pye Radio, Ltd.*, a proposé de transmettre le son pendant cet intervalle de 10 microsecondes, en y insérant une impulsion de grande amplitude et de durée variable en fonction des oscillations basse fréquence qui traduisent les sons. A leur maximum, les impulsions occupent 5 microsecondes; à leur minimum, 1 microseconde; la valeur moyenne est de 3 microsecondes.

A la réception, la séparation du signal-son est aisée puisque l'on a choisi une amplitude d'impulsion supérieure à l'amplitude correspondant aux blancs, dans le rapport de 100 à 75 par exemple; le récepteur comportera un

circuit limiteur simple qui laissera passer seulement les signaux dont l'amplitude dépasse les « blancs ».

Avec ce système, on dispose de 10 125 impulsions par seconde (produit du nombre de lignes par image: 405, par le nombre d'images par seconde: 25). On démontre que la fréquence maximum du son que l'on peut transmettre par de telles impulsions sans introduire de distorsions prohibitives serait de l'ordre de 5 000 périodes par seconde. Or, on admet communément que, pour assurer une transmission de son d'excellente qualité, il est nécessaire de transmettre correctement toutes les fréquences jusque vers 10 000 périodes par seconde.

Pour que ce procédé de transmission du son par impulsions émises pendant les temps de retour du « spot » lumineux soit satisfaisant, il ne faudra donc l'utiliser qu'avec des « standards » de télévision comportant un nombre plus élevé de lignes explorées par seconde, c'est-à-dire avec des systèmes de télévision à « haute définition ».

C'est le cas de l'émetteur de télévision en couleurs qu'expérimente actuellement la Compagnie américaine C. B. S. (Columbia Broadcasting System). Le nombre de lignes complètement explorées est de 525 par image en 1/60 de seconde. La fréquence de balayage des lignes est donc de $525 \times 60 = 31\,500$. Le temps de retour du « spot » est de 5 microsecondes; on l'utilise pour transmettre le son au moyen d'im-

pulsions d'un type particulier, modulées en fréquence. La fréquence porteuse de l'émission est de 490 mégacycles (millions de périodes par seconde) environ, correspondant à une longueur d'onde de 0,6 m environ. Pendant le retour du « spot », l'onde porteuse est modulée à une fréquence moyenne de 7,8 mégacycles ; c'est cette fréquence qui est elle-même modulée, c'est-à-dire dont on provoque la variation périodique autour de sa valeur moyenne à l'aide du signal.

La figure 4 montre l'aspect très schématique de l'onde dans une telle émission. On voit qu'avec la modulation « négative » ici employée les crêtes de modulation produisent des noirs. Au-dessus de ce niveau, font saillie, à la fin de chaque ligne, les impulsions de synchronisation de lignes. Au-dessous, les signaux-images modulent l'onde porteuse de la manière normale, les blancs purs correspondant à une amplitude nulle. Immédiatement après chaque signal de synchronisation, pendant le retour du spot, on émet les trains d'ondes à 7,8 mégacycles. (Pour plus de simplicité, nous n'avons pas représenté sur la figure 2, pas plus d'ailleurs que sur la figure 4, les signaux de synchronisation d'images).

A la réception, ces trains d'ondes sont séparés par un circuit accordé sur 7,8 mégacycles et passent à travers un discriminateur de modulation de fréquence qui restitue les basses fréquences. Ces dernières devraient contenir des distorsions dues à la nature discontinue de la fréquence porteuse et situées au delà de 15 000 périodes par seconde ; le récepteur comportera un filtre *passé-bas* qui éliminera toutes les fréquences supérieures à 10 000 périodes par seconde.

Nous venons de passer en revue très sommairement deux méthodes de transmission du son dans les émetteurs de télévision au moyen d'impulsions émises pendant la durée de retour du « spot », la première utilisant une transmission du signal image en modulation « positive », la deuxième une transmission en modulation « négative ». Il est bien évident que les deux types d'impulsions examinés, à modulation de largeur et à modulation de fréquence, ne sont pas les seuls possibles ; les impulsions auraient pu être, par exemple, modulées en amplitude avec ou sans fréquence intermédiaire.

Les solutions sont nombreuses, l'expérience les sanctionnera.

ANDRÉ BELLEIX

Dans les usines et ateliers où règne une chaleur intense, tels qu'aciéries, verreries, etc., les chiffres de production sont nettement plus élevés en hiver qu'en été. C'est qu'en effet le rendement du travail humain décroît sensiblement lorsque la température s'élève. On a pu évaluer cette baisse à 10 %, en moyenne, pour le mois le plus chaud de l'année par rapport au mois le plus froid, dans un groupe d'usines élaborant du fer-blanc, la baisse la plus forte atteignant 30 % dans l'usine la moins bien ventilée. Parallèlement, à une élévation de température au-dessus de la valeur optimum, qui est comprise entre 18° et 21° C, correspond une augmentation appréciable du nombre des accidents. Dans un atelier où la température monta à 28° C, le pourcentage d'augmentation atteignit exceptionnellement 40 % ; dans les mines de charbon anglaises, les ouvriers travaillant au-dessous de 21° C accusent le moins d'accidents, tandis qu'au-dessus de 27° C le nombre de ces derniers s'accroît rapidement. Ces questions, de première importance non seulement au point de vue industriel, mais aussi et surtout au point de vue humain, ont été débattues récemment à une réunion de la Conférence Scientifique impériale à la Royal Society à Londres. On y a évoqué en particulier les conditions de travail dans les mines d'or du Rand, en Afrique du Sud, où la température des roches atteint 42° C et l'air est saturé d'humidité. On a reconnu au cours de ces dernières années que l'on pouvait, par sélection et par acclimatation, réunir un personnel capable de supporter sans se fatiguer trop vite de telles conditions ; cependant, des recherches systématiques ont été entreprises pour donner à ce problème des solutions plus rationnelles et plus humaines. Des résultats intéressants ont été fournis également par les tests psychologiques. On a trouvé par exemple que le pourcentage d'erreurs au cours d'un travail rapide — tel que la radiotélégraphie qui exige une attention soutenue pendant une longue période — augmentait rapidement avec la température. Des travaux monotones de longue durée, tels que la veille ou l'observation d'écrans de radar, entraînent par temps chauds de fréquentes fautes d'inattention. Pour la plupart, ces essais systématiques ont été effectués au laboratoire en Grande-Bretagne et en Australie, dans des atmosphères artificielles. Le moment a semblé venu de les compléter par des études dans des conditions réelles, et c'est ainsi que des laboratoires nouveaux doivent être prochainement installés dans plusieurs parties de l'Empire britannique, en particulier à Singapour et en Afrique Orientale.



FIG. 1. — HÉLICOPTÈRE AMÉRICAIN BIPLACE BELL 47

C'est l'appareil qui a reçu aux États-Unis la première licence commerciale, le 8 mars dernier. Il comporte un rotor bipale et, à l'extrémité d'un bras porté par la queue, une hélice compensatrice de couple. Il possède en outre une particularité qu'il y a lieu de noter : c'est l'introduction d'une barre de stabilisation gyroscopique dans le mécanisme de changement de pas. Cette barre, articulée sur l'axe du rotor perpendiculairement aux pales, porte une masselotte à chaque extrémité et sert de renvoi de commande aux tringles qui commandent la variation de pas. L'appareil est équipé d'un moteur Franklin de 175 ch. Sa vitesse de croisière est de 150 km/h et sa vitesse ascensionnelle de 4 m/s.

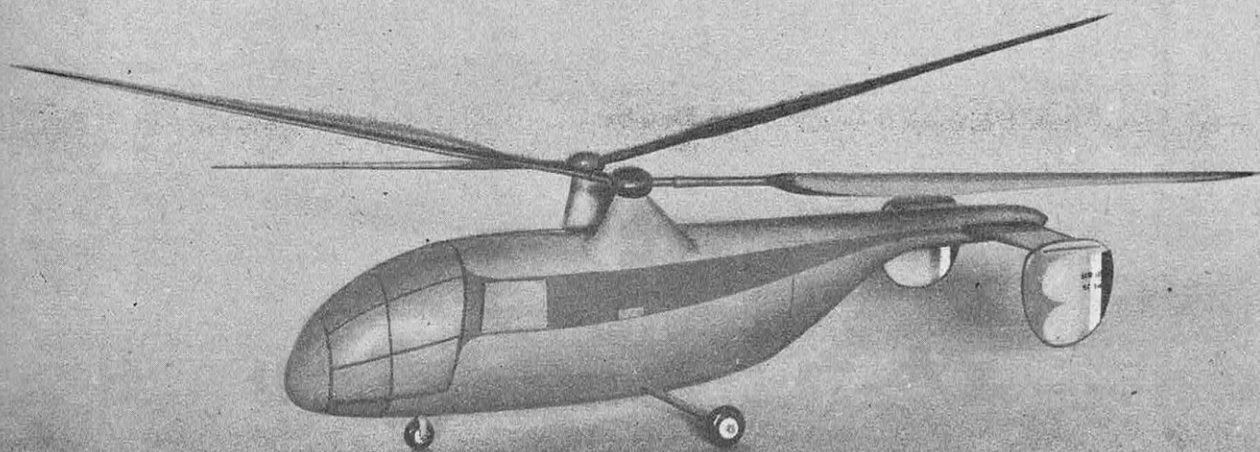


FIG. 2. — HÉLICOPTÈRE FRANÇAIS NC-2001 A DEUX ROTORS « ENGRENANTS »

Cet appareil comporte deux hélices sustentatrices bipales juxtaposées, mues par un moteur Renault 125-00 de 500 ch. Il est du type que les Américains appellent egg-beater (bateur d'œufs). Les axes des rotors, distincts mais rapprochés, sont légèrement inclinés, les pales de chaque rotor passant successivement au-dessus de la « tête » de l'autre. L'envergure est de 13,80 m, la longueur du fuselage (version avec double dérive) de 9,70 m, la charge utile de 346 kg, la vitesse maximum de 274 km/h, le rayon d'action de 700 km.

L'HÉLICOPTÈRE PEUT-IL RÉALISER L'APPAREIL DE TOURISME IDÉAL ?

par le Colonel M. LAMÉ

Au cours des cinq années de guerre, on a construit, surtout en Amérique, beaucoup plus d'hélicoptères que précédemment, dans le monde entier. Les expériences ainsi faites ont vulgarisé les principes du vol vertical; elles ont aussi situé avec précision l'état d'avancement de ces mécanismes nouveaux dans la technique aéronautique et, en particulier, mis en évidence leurs déficiences. C'est ainsi qu'un spécialiste américain, le colonel Gregory, a émis l'avis que les hélicoptères sont à peine sortis du stade expérimental et qu'ils ne pourront jamais remplacer l'automobile. Certes, les hélicoptères volent, mais ils volent avec de grandes difficultés, du fait que, sous leurs formes actuelles, ce sont des machines essentiellement instables et d'un pilotage délicat. En outre, ils n'offrent pas non plus toute la sécurité désirable pour un appareil de tourisme, en ce qui concerne la possibilité de retour au sol sans dommage en cas de panne de moteur. Enfin, les pales de leurs « rotors » sont soumises, dans la translation horizontale, à des efforts périodiquement variables qui engendrent des vibrations ou battements s'étendant à des portions plus ou moins importantes de l'appareil et augmentant sensiblement la fatigue de la matière. Ces défauts entraîneraient la condamnation sans appel de l'hélicoptère s'ils étaient irrémédiables. Mais ils ne le sont pas, et il existe un remède ou même plusieurs remèdes pour chacun d'eux, de sorte que l'on peut, contrairement à l'opinion citée plus haut, envisager l'avenir de l'hélicoptère sous un jour beaucoup plus favorable.

AVANT la guerre, les hélicoptères étaient des appareils assez peu connus et beaucoup, même parmi les techniciens de l'aviation, les considéraient comme de simples machines d'essai sans aucun avenir. Seuls quelques spécialistes s'y intéressaient et poursuivaient avec un certain courage, il faut le reconnaître, des études et des expériences assez échelonnées dans le temps et dont il n'était pas toujours possible d'obtenir des résultats bien concluants.

Cependant, peu de temps après la guerre de 1914-1918 apparut une nouvelle forme de machine volante qui, après une mise au point assez rapide, se montra capable d'effectuer des voyages aériens comme les avions: c'était l'autogire de Juan de la Cierva (1).

Par son aspect extérieur, l'autogire ressemble à un hélicoptère et il entre effectivement comme lui dans la catégorie des appareils à voilures tournantes, mais il y a entre eux une différence importante: dans l'autogire, la voilure tournante, ou « rotor », n'est pas entraînée directement par le moteur, elle tourne librement, à l'instar des ailes d'un moulin à vent, sous l'action du vent relatif créé par la vitesse d'avancement de l'appareil mû par une hélice propulsive comme un avion; dans l'hélicoptère, au contraire, le rotor est mis en mouvement par le moteur par l'intermédiaire d'arbres de transmission et d'engrenages réducteurs convenables. L'hélicoptère a des possibilités que l'autogire

(1) Voir: « Une conception neuve en aviation: l'autogire, appareil volant à voilure tournante » (Science et Vie, n° 93, mars 1925.)

n'a pas, notamment celles de s'élever verticalement et de stationner immobile en l'air, et, pour progresser, il n'a pas besoin d'hélice propulsive, car son ou ses hélices sustentatrices (c'est ainsi que l'on appelait autrefois les ailes tournantes que l'on désigne plus simplement aujourd'hui sous le nom de « rotors »), peuvent assurer la propulsion à condition que l'on incline pour cela leur axe réel ou fictif de rotation et par là même la poussée produite par cette rotation.

Mais il n'est pas défendu de munir les hélicoptères d'hélices propulsives comme les autogires et on réalise ainsi une catégorie spéciale d'hélicoptères qui ont la possibilité de voler à la manière des autogires, à condition qu'ils soient munis d'un dispositif de débrayage du moteur du rotor, ce qui est d'ailleurs le cas général de la plupart des hélicoptères pour la raison que nous verrons tout à l'heure.

Dans leur état actuel de développement, les hélicoptères peuvent donc se présenter sous des formes différentes, et ces formes sont assez nombreuses si l'on en juge par ce qui a été fait en Amérique pendant la dernière guerre, où le développement des hélicoptères a pris une assez grande extension (1). Rien qu'en les classant d'après les particularités essentielles de leur mécanisme, on peut en dénombrer une vingtaine de types différents, sans compter de nouveaux appareils en étude ou en projet qui permettent encore de doubler sensiblement ce nombre.

Cette diversité reflète l'incertitude qui règne (1) Voir: « L'avenir de l'hélicoptère » (Science et Vie, n° 343, avril 1946.)

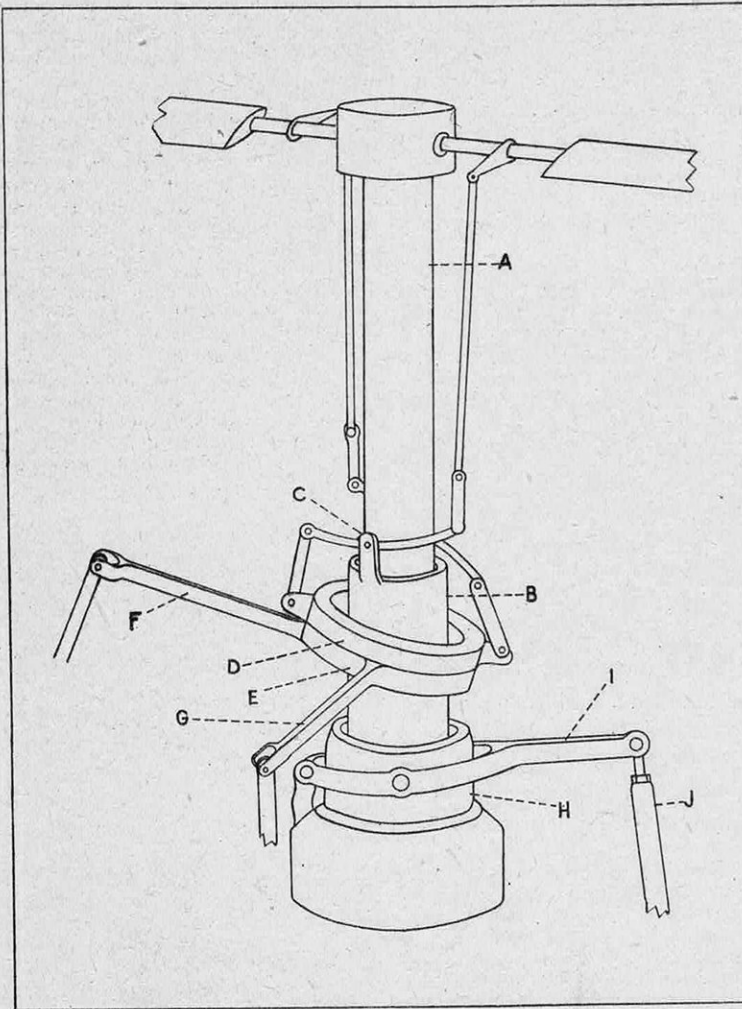


FIG. 3. — MÉCANISME COMMANDANT LA VARIATION GÉNÉRALE ET LA VARIATION CYCLIQUE DE PAS DES PALES D'UN ROTOR

L'arbre A du rotor, qui porte à sa partie supérieure le moyeu auquel sont attachées les pales par une liaison élastique, est entouré d'un premier manchon B qui peut coulisser sur lui, mais est entraîné dans son mouvement de rotation par des rainures intérieures. Ce manchon porte deux supports diamétralement opposés C, munis d'un axe qui sert de pivot à un système de tringlerie aboutissant d'une part à l'extrémité des doigts portés par chaque pale, et de l'autre sur deux oreilles d'un plateau D qui n'est autre chose que le chemin de roulement supérieur d'une double butée à billes dont le chemin de roulement inférieur E peut être incliné dans tous les sens par l'action des bras rectangulaires F et G dont les extrémités sont connectées au manche à balai par une tringlerie appropriée. On voit ainsi que, lorsque la double butée à billes est perpendiculaire à l'arbre, les tringleries qui commandent les pales ne jouent pas ; si, au contraire, elle est inclinée, les tringleries doivent jouer, pour rattraper les différences de hauteur entre les divers points du cercle parcouru, et elles effectuent une oscillation complète par tour. Le manchon B est à son tour entouré d'un second manchon H qui ne tourne pas, mais qui peut coulisser sous l'action de la fourchette I connectée au levier de variation générale de pas par la tige J ; ce mouvement de coulisse est transmis par butée à billes au manchon B et de là aux pales par l'intermédiaire de la tringlerie précitée.

encore sur les meilleures solutions à adopter et, pour tout dire, est la preuve évidente que l'on n'est pas encore parvenu à des résultats satisfaisants.

dant de lui qu'un minimum d'effort et d'attention, se réduisant à un simple réflexe après quelques heures d'apprentissage ; on peut en dire autant de la natation et même de la marche à pied

Que reste-t-il donc encore à faire ? Quels sont les points à élucider, les problèmes à résoudre ?

C'est ce que nous allons tâcher de mettre en lumière en examinant d'un peu plus près les mécanismes assez compliqués que comporte un hélicoptère moderne, ainsi que leur mode et leurs conditions de fonctionnement.

La stabilité

La stabilité est la première condition que doit remplir toute machine volante. Il existe plusieurs espèces de stabilité et, dans chaque espèce, des degrés différents. En gros, on peut distinguer : la stabilité naturelle ou stabilité de forme, la stabilité automatique et enfin la stabilité commandée.

La stabilité naturelle se définit d'elle-même : une machine est stable naturellement lorsque, écartée de sa position d'équilibre par une cause fortuite, elle tend à y revenir d'elle-même sous la seule influence des forces extérieures auxquelles elle est soumise et sans aucune intervention humaine ou celle d'un mécanisme spécialement destiné à rétablir l'équilibre.

Les avions, par exemple, sont doués de stabilité naturelle, et c'est ce qui rend leur conduite relativement aisée.

La stabilité est automatique lorsqu'il faut passer par l'intermédiaire d'un mécanisme spécial pour que l'équilibre soit rétabli sous l'action des forces extérieures, et elle est commandée lorsque c'est au pilote seul qu'incombe la tâche de rétablir l'équilibre. Cette tâche peut être plus ou moins ardue et plus ou moins délicate suivant les cas et les circonstances.

Si l'on prend l'exemple de la bicyclette, le moyen de locomotion le plus répandu dans le monde, il est certain que cet engin, qui n'a de lui-même aucune stabilité naturelle et qui réclame l'intervention constante du cycliste pour rester en équilibre, n'exige cepen-

dans laquelle, chez l'homme, l'équilibre n'est pas purement instinctif, ainsi qu'en témoignent les premiers pas des jeunes enfants.

En faisant appel aux notions mécaniques les plus simples, les conditions nécessaires pour que la stabilité naturelle soit réalisée sont celles de l'équilibre stable, c'est-à-dire qu'il faut que toutes les forces agissant sur la machine puissent se réduire à une seule appliquée en son centre de gravité et égale et directement opposée à son poids et que, de plus, une inclinaison quelconque donne immédiatement naissance à une nouvelle force qui s'oppose à cette inclinaison et tende à ramener l'appareil dans sa position primitive, et cela d'autant plus énergiquement que l'inclinaison est plus grande, pour s'annuler lorsque l'inclinaison s'est elle-même annulée.

Dans un hélicoptère, les forces développées par chaque rotor se réduisent en principe à une force dirigée suivant l'axe et à un couple en sens inverse de la rotation, couple qu'il faut compenser pour éviter les mouvements de rotation de l'appareil sur lui-même, soit par le couple d'un second rotor tournant en sens inverse, soit par d'autres procédés. Les poussées dirigées suivant les axes des rotors se composent entre elles en une poussée unique qui, pour équilibrer le poids de l'appareil, doit passer exactement par le centre de gravité.

Or cette condition ne peut pratiquement pas être réalisée, car il faudrait pour cela une extrême précision et une symétrie rigoureuse dans la construction de l'appareil, symétrie qui ne pourrait d'ailleurs pas se conserver à cause des déformations des pièces en mouvement. L'hélicoptère ne satisfait donc même pas aux conditions de l'équilibre indifférent et sa force de sustentation, toujours excentrée par rapport au centre de gravité, tend constamment à le renverser dans un sens ou dans l'autre.

Dès les premiers essais d'hélicoptères, on s'est rendu compte de cet inconvénient et l'on a dû recourir à des organes supplémentaires spéciaux manœuvrés par le pilote afin de provoquer les forces de redressement nécessaires.

On essaya, en particulier, de placer dans le vent des rotors des surfaces auxiliaires orientables agissant à la façon de gouvernails, ou bien des petites hélices à pas variables commandées par le pilote et qui engendraient de petites poussées supplémentaires là où il était nécessaire ; c'est ainsi que l'appareil construit

par l'ingénieur Cehmichen, et qui boucla le premier kilomètre en 1924, ne comportait pas moins de cinq de ces hélices auxquelles on avait donné le nom d'« évolueurs ».

Dans la plupart des hélicoptères modernes, le procédé anciennement connu, puisqu'il remonte à 1906, auquel on a recours, consiste à modifier au gré du pilote l'angle d'attaque, c'est-à-dire l'inclinaison de chaque pale des rotors au cours même de leur rotation, soit d'une manière constante et uniforme pour toutes les pales, soit d'une manière périodique de façon que chacune d'elles, dans un tour qu'elle effectue, passe par une inclinaison maximum dans une certaine direction et par une inclinaison minimum dans la direction diamétralement opposée. C'est ce que l'on appelle la *variation cyclique du pas*. Les pales, étant par ailleurs articulées sur le moyeu par l'intermédiaire d'un joint de cardan, prennent, sous l'action de la poussée et de la force centrifuge, une position d'équilibre suivant un certain angle par rapport à l'axe de rotation,

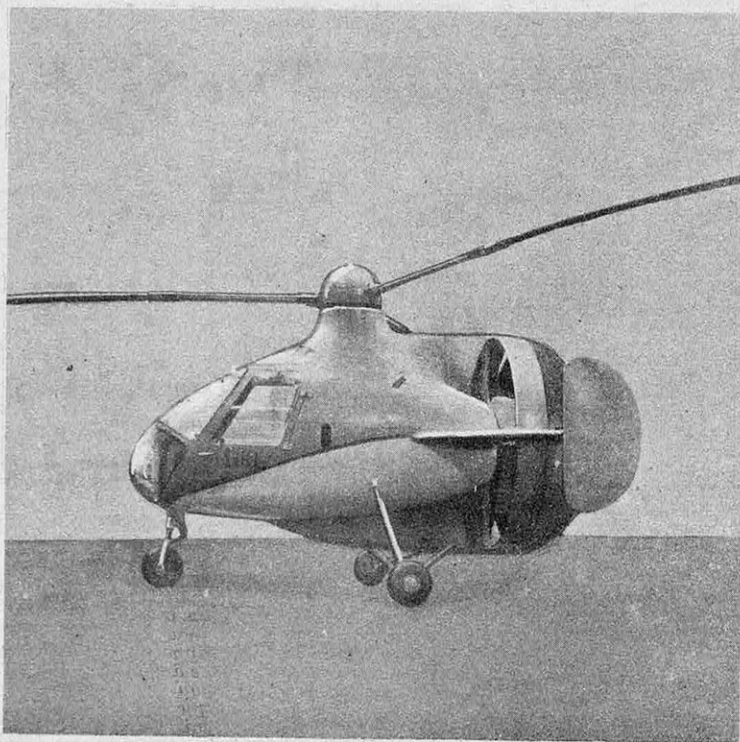


FIG. 4. — L'HÉLICOPTÈRE A RÉACTION OU « GIRAVION » SO-1100 « ARIEL »

Cet appareil expérimental comporte un rotor tripale, dont la rotation est assurée par des tuyères thermopropulsives placées au bout des pales, dans lesquelles brûle un mélange carburé. Ce dernier est comprimé par un groupe moto-compresseur placé dans le fuselage et est amené aux tuyères par des tubes qui forment le bord d'attaque des ailes. Le compresseur est entraîné par un moteur Mathis G-7 de 170 ch. L'appareil fonctionne ainsi en hélicoptère, en particulier décolle à la verticale ; le pilotage en direction s'effectue par le gouvernail de direction sur lequel souffle le ventilateur de refroidissement du moteur. Aucun dispositif d'équilibrage de couple n'est nécessaire, le rotor étant mû par réaction. En vol, le compresseur peut être débrayé et le moteur embrayé sur l'hélice propulsive, l'appareil fonctionnant alors en autogire avec son rotor en autorotation. Les pales sont attachées par des lames de ressort très souples, et le moyeu est libre de prendre l'orientation moyenne du rotor, d'où réduction sensible du battement des pales.

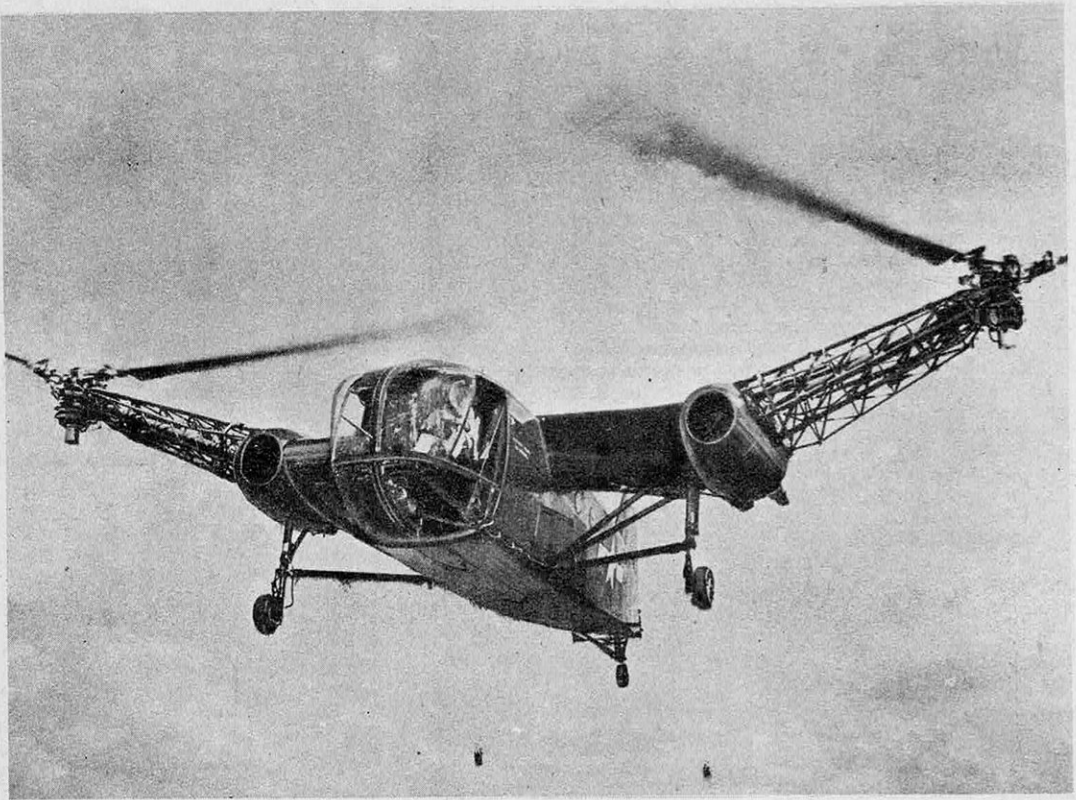


FIG. 5. — HÉLICOPTÈRE AMÉRICAIN MACDONNELL XHJD-1 BIMOTEUR

Cet appareil comporte deux rotors de 12 m de diamètre, mus par deux moteurs Pratt et Whitney « Wasp Junior » de 450 ch. L'envergure totale est de 25 m, la vitesse de croisière de 160 km/h. Chacun des deux moteurs peut actionner les deux hélices.

décrivant ainsi un cône très ouvert ; aux points où, par suite de la variation cyclique, le pas augmente, la poussée augmente aussi et la pale se soulève pour s'abaisser au point diamétralement opposé ; l'axe du cône décrit cesse de coïncider avec l'axe de rotation et s'incline par rapport à cet axe dans la même direction que celle qui correspond aux maximum et minimum du pas ; cette direction est déterminée par les manœuvres du pilote qui peut théoriquement ainsi modifier constamment la direction des poussées des rotors et maintenir leur résultante dirigée vers le centre de gravité ou l'amener du côté voulu de ce centre pour redresser l'appareil. Les mécanismes utilisés pour parvenir à ces résultats sont fort compliqués et comprennent de nombreuses articulations et transmissions par leviers ou câbles passant sur des poulies de renvoi, ou même par engrenages. La figure 3 représente un mécanisme de ce genre dans le cas le plus simple : celui d'un rotor séparé à deux pales. Pour deux rotors coaxiaux avec un nombre de pales plus élevé, le problème se complique au point qu'il devient difficile de loger tous les organes. Par contre, dans un appareil à rotors séparés, la longueur des transmissions est plus grande puisqu'elle part des moyeux des rotors pour aboutir à l'organe manœuvré par le pilote, qui se présente sous la forme du classique manche à balai utilisé dans les avions.

Ces transmissions, soumises dans certains cas à des efforts très importants, sont sujettes à d'importantes déformations et n'obéissent généralement qu'avec un retard appréciable aux sollicitations de la main du pilote ; leur manœuvre exige une adresse spéciale et un long apprentissage et les hélicoptères équipés avec ce dispositif sont restés jusqu'ici d'un pilotage délicat. Pour en revenir à l'exemple simple de la bicyclette que nous avons évoqué précédemment, c'est comme si l'on voulait conduire une bicyclette avec un guidon en caoutchouc. Il est certain qu'il faudra rechercher d'autres solutions si l'on veut que les hélicoptères progressent et répondent à l'espoir que l'on fonde sur eux comme futurs appareils de tourisme aérien.

En Amérique, on envisage d'avoir recours à des mécanismes automatiques, à des servomoteurs qui commanderaient directement la variation cyclique de pas suivant les inclinaisons prises par l'appareil et sans que le pilote ait à intervenir. Il est peu probable qu'on arrive à des résultats satisfaisants par ce moyen qui ne remédie aucunement aux déformations élastiques des leviers, tiges et câbles de transmission.

En France, diverses autres solutions ont été préconisées et mises en avant à diverses époques par les spécialistes des hélicoptères. Il ne saurait être question de toutes les passer en revue et

nous nous contentons d'énumérer les principales par ordre de dates. La première, signalée d'abord par nous-même dès 1920, puis défendue par Ehmichen et essayée partiellement par l'un et l'autre dans les années qui suivirent, est celle à laquelle nous avons donné récemment le nom de « stabilité baroscopique ». Elle consiste à surmonter l'appareil d'un volume compensateur constitué d'une enveloppe étanche ou non étanche qui rende solidaire de l'appareil la masse légère gazeuse, de nature d'ailleurs quelconque, contenue à son intérieur, constituant ainsi ce qu'on appelle en physique un *baroscope*, c'est-à-dire un corps dissymétriquement hétérogène (1). De tels corps plongés dans l'air reçoivent de sa part, comme d'ailleurs tous les autres corps, une poussée archimédienne appliquée en leur centre de volume, point qui, étant donné la structure particulière du corps, est différent du centre de gravité. Cette poussée archimédienne exerce donc un couple de redressement sur la machine toutes les fois que le centre de volume et le centre de gravité ne se trouvent pas sur la même verticale, cette position verticale de la droite joignant ces deux points constituant par conséquent une position d'équilibre stable. Cette stabilité répond à la définition de la stabilité naturelle et nous ne

(1) Voir : « L'hélicoptère stabilisé Ehmichen » (*Science et Vie* n° 217, juillet 1935).

croions pas qu'il soit d'autres procédés pour la réaliser.

Pour ce qui est de la stabilité commandée, on cherche actuellement à s'affranchir de la nécessité de transmettre jusqu'à chacune des pales les mouvements imprimés au manche à balai par le pilote, en se contentant de les transmettre jusqu'au moyeu auquel on peut communiquer soit des inclinaisons dans les divers sens, soit des déplacements latéraux. L'inclinaison du moyeu est utilisée depuis longtemps dans les derniers types d'autogires et elle a donné satisfaction. Son application à l'hélicoptère entraîne toutefois une complication qui n'existe pas dans l'autogire : c'est la nécessité d'utiliser des joints de cardan dans l'arbre du rotor qui transmet au moyeu la puissance du moteur ; d'autre part, l'inclinaison de ce moyeu donne naissance à des couples secondaires qui peuvent être gênants. On évite ces couples en remplaçant l'inclinaison par des déplacements latéraux, solution qui a été adoptée dans l'hélicoptère construit en France par la Société nationale de Constructions aéronautiques du Nord. Là encore des joints de cardan sont nécessaires et, d'autre part, étant donné l'importance des efforts à transmettre, on doit avoir recours à un système de commande par servo-moteur.

Le procédé de stabilisation commandée le plus simple de tous consisterait à déplacer non

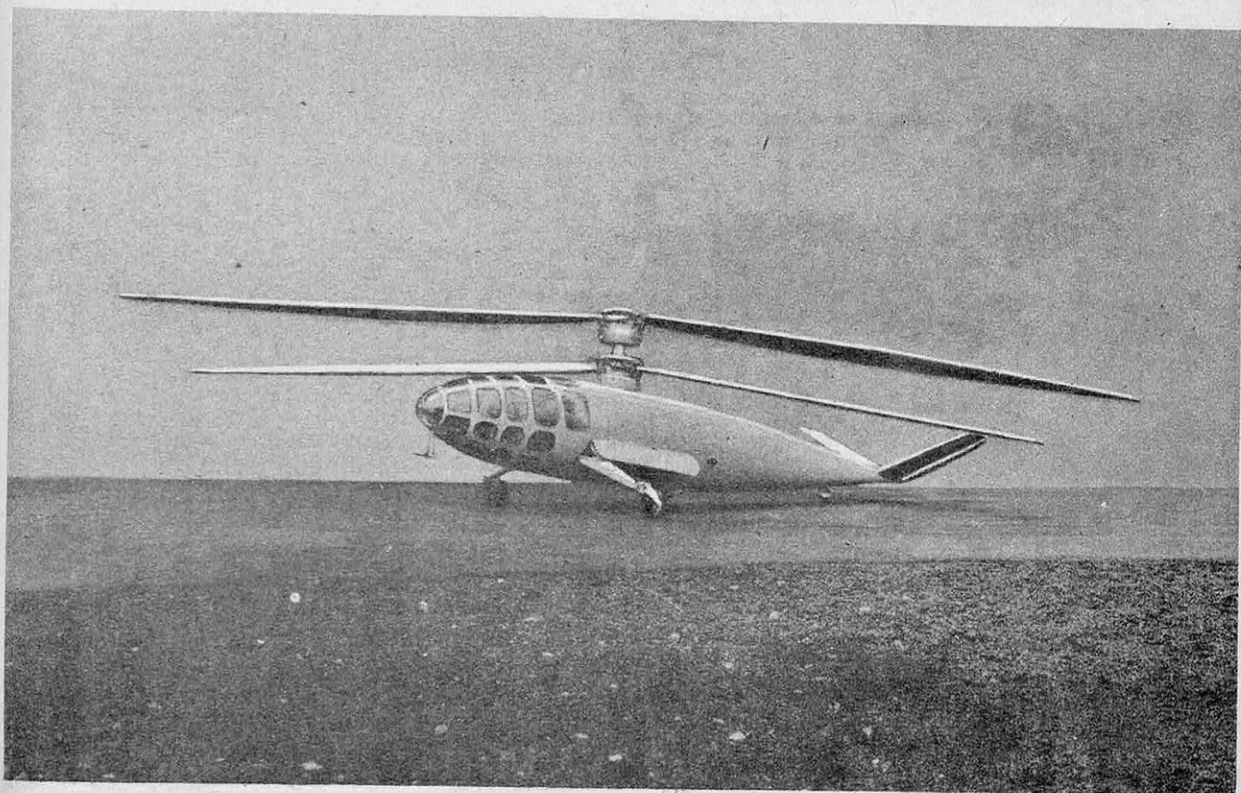


FIG. 6. — HÉLICOPTÈRE G-20 DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DU GYROPLANE

Cet appareil est muni de deux moteurs Renault 6 Q de 240 ch automatiquement débrayables en cas de panne. En cas de l'arrêt de l'un d'eux, les rotors continuent à tourner et le pilote peut les maintenir à leur vitesse normale de rotation en réglant leur pas à la valeur convenable. Dans ces conditions, l'appareil peut encore atterrir verticalement à vitesse suffisamment réduite, s'il n'est pas trop chargé. La vitesse maximum est de 250 km/h, les rotors tripales ont 15,40 m de diamètre.



FIG. 7. — HÉLICOPTÈRE BRITANNIQUE FAIREY FB-1 « GYRODYNE »

La propulsion horizontale s'effectue à l'aide d'une hélice classique montée à l'extrémité d'un des petits plans et équilibrant en même temps le couple de réaction du rotor principal.

pas les poussées des rotors par rapport au centre de gravité, ce qui ne peut se faire que par les moyens compliqués que nous avons passés en revue, mais, au contraire, le centre de gravité par rapport aux poussées, ce qui peut être obtenu très facilement à l'aide d'une masse additionnelle mobile à l'intérieur de l'appareil.

L'adjonction de semblables masses s'est déjà révélée nécessaire dans certains cas, par exemple pour l'équilibrage des pales, mais ici les masses additionnelles sont faibles, tandis que, pour stabiliser l'appareil, il faudrait une masse relativement importante, ce qui réduirait d'autant le poids utilisable à bord, éventualité peu acceptable pour des appareils dans lesquels le poids utilisable est sensiblement plus faible que dans les avions, et pour lesquels il faut, par conséquent, rechercher des solutions susceptibles de les alléger, comme c'est le cas pour la stabilité baroscopique, plutôt que de les alourdir, comme ce serait celui de la stabilité par masse additionnelle.

L'atterrissage en cas de panne de moteur

La sécurité est une qualité indispensable à toute machine volante destinée au tourisme aérien. La panne de moteur restant encore une éventualité inéluctable dans l'état actuel de la technique, il faut donc que les hélicoptères puissent revenir au sol sans dommage en cas de panne de moteur. Dans la plupart des appareils construits jusqu'à présent et qui sont monomoteurs, on compte y parvenir par la mise en autorotation instantanée des rotors ; cette mise en autorotation comporte une double opération : d'abord débrayage du moteur, puis mise au

pas nul des pales des rotors. Cette double opération peut être commandée par le pilote, ou bien automatique ou semi-automatique, le débrayage du moteur étant généralement, lui, entièrement automatique. La mise au pas nul doit s'effectuer avec une très grande rapidité si l'on ne veut pas que les rotors cessent brusquement de tourner et on est conduit, pour éviter ce danger, à alourdir les pales pour augmenter l'inertie des rotors dans certains appareils ; les masses additionnelles utilisées pour des raisons d'équilibrage des pales jouent ainsi un double rôle, mais toujours au détriment du poids utilisable.

Cette manœuvre de mise en autorotation revient, en fait, à transformer l'hélicoptère en autogire, et, dès lors, l'appareil peut atterrir dans les mêmes conditions que ce dernier, c'est-à-dire en faisant du vol plané à la manière des avions et à des vitesses variables suivant sa charge alaire, mais toujours cependant assez élevées pour qu'il ne soit plus possible de se poser verticalement dans des espaces restreints comme l'appareil peut le faire lorsque le moteur est en action et qu'il fonctionne en hélicoptère. S'il voulait le faire avec moteur stoppé, sa vitesse de descente serait beaucoup trop élevée (de l'ordre de 10 m par seconde pour un appareil moyen) et entraînerait inévitablement une catastrophe à l'arrivée au sol.

Or les principaux avantages des hélicoptères étant leur facilité de départ et d'atterrissage à la verticale dans des espaces restreints, il est indispensable qu'ils conservent cet avantage pour l'atterrissage en cas de panne de moteur, car, sans cette condition, il ne leur est pas plus possible qu'aux avions de s'aventurer au-dessus

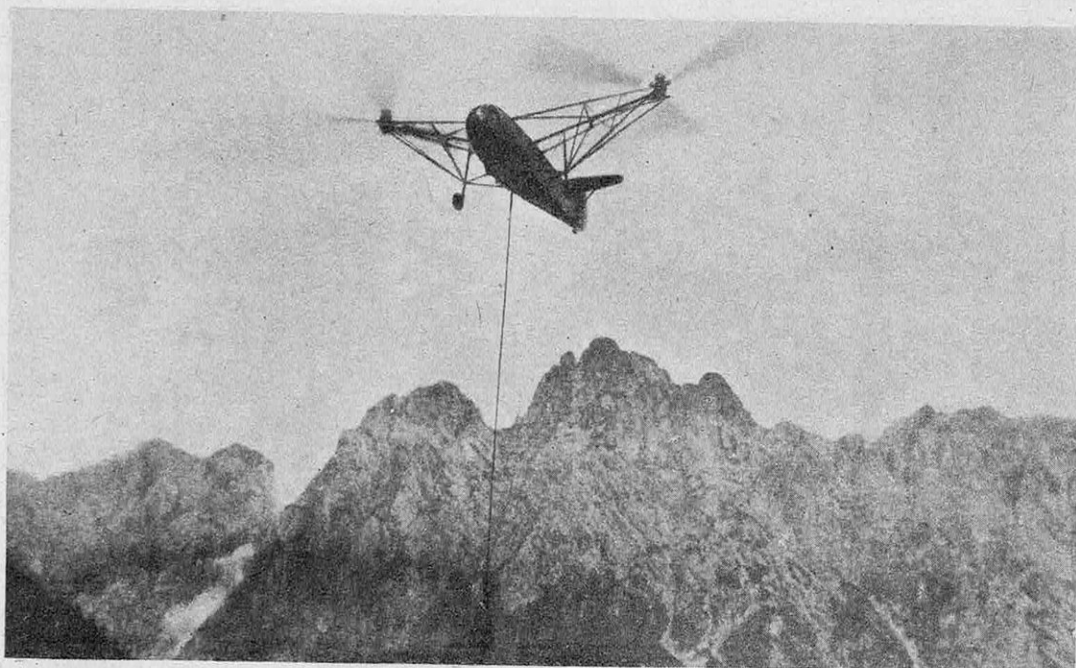


FIG. 8. — HÉLICOPTÈRE FRANÇAIS SE-300 A DEUX ROTORS TRIPALES DE 12 M

De construction métallique, avec revêtement de toile, cet appareil peut emporter six hommes, dont quatre passagers. C'est un développement de l'hélicoptère allemand Focke qui fut détenteur du record de distance avant la dernière guerre. C'est le plus important des appareils construits en France. Son poids total en charge atteint 4 200 kg. Sa charge utile est de 1 108 kg, et il peut être utilisé, comme sur la photographie ci-dessus, pour l'élevage de lourdes charges. Sa vitesse maximum horizontale est de 182 km/h, et sa vitesse ascensionnelle maximum de 8 m/s. Il est équipé d'un seul moteur Bramo-Fafnir de 1 000 ch au décollage.

de régions peu dégagées sans risquer l'accident en cas de panne.

Pour réaliser cette condition, il suffit d'équiper les hélicoptères avec plusieurs moteurs. Cette solution est adoptée depuis longtemps pour les avions où elle donne déjà satisfaction, mais elle est encore beaucoup plus satisfaisante pour les hélicoptères, car il n'est pas nécessaire, dans ce dernier cas, que l'hélicoptère conserve la puissance suffisante pour continuer son vol après l'arrêt d'un moteur ; il suffit qu'il puisse atterrir verticalement avec une faible vitesse de descente : deux moteurs en général, quelquefois trois pour des appareils plus lourdement chargés, suffisent pour arriver à ce résultat. Quand un des moteurs s'arrête, les manœuvres à effectuer sont les mêmes que précédemment : débrayage automatique du moteur en panne, réduction du pas à la valeur convenable pour maintenir les rotors à leur vitesse normale de rotation, cette dernière opération devenant beaucoup plus sûre du fait que le moteur restant en fonction continue à entretenir le mouvement de rotation.

La nécessité d'équiper les hélicoptères de plusieurs moteurs a été reconnue dès les temps héroïques, puisque l'un des premiers détenteurs du record de hauteur, l'appareil Petroczy-Karman, construit en Autriche en 1916 et qui s'éleva à 49 m, était muni de trois moteurs.

Actuellement, on construit des hélicoptères bimoteurs, parmi lesquels il faut citer le XHJD-1 de la marine américaine, construit par la McDonnell Aircraft Corporation, dont nous donnons fig. 5 la photographie, et l'hélicoptère de

la Société française du Gyroplane dont les essais doivent commencer incessamment. Le premier est, ainsi que le montre la photographie, un appareil à deux rotors séparés où la mise en place des deux moteurs est facile, le second est un appareil à deux rotors coaxiaux. Signalons que les Russes ont construit également un appareil bimoteur dont l'aspect rappelle celui de l'appareil américain.

Le problème de la translation horizontale. Battements et vibrations des pales

Un dernier point noir assombrit encore les perspectives d'avenir des hélicoptères ; ce sont les vibrations qui prennent naissance dans les pales et les moyeux des rotors dans la translation horizontale. Tant qu'on se maintient en régime de vol vertical ou immobile, tout va bien, les efforts auxquels sont soumis les rotors sont symétriques, ils se réduisent, comme nous l'avons vu précédemment, à une force unique et à un couple, centrés tous les deux suivant l'axe et c'est là un mécanisme classique dont le fonctionnement ne présente aucun aléa. Mais, dès que l'on passe au régime de translation horizontale, il n'en est plus de même ; la pale qui avance dans le vent ayant une vitesse relative plus grande que celle qui recule, la poussée qu'elle reçoit de l'air est aussi plus grande, la différence allant en s'accroissant au fur et à mesure que la vitesse augmente ; on se trouve donc en présence d'organes mécaniques soumis

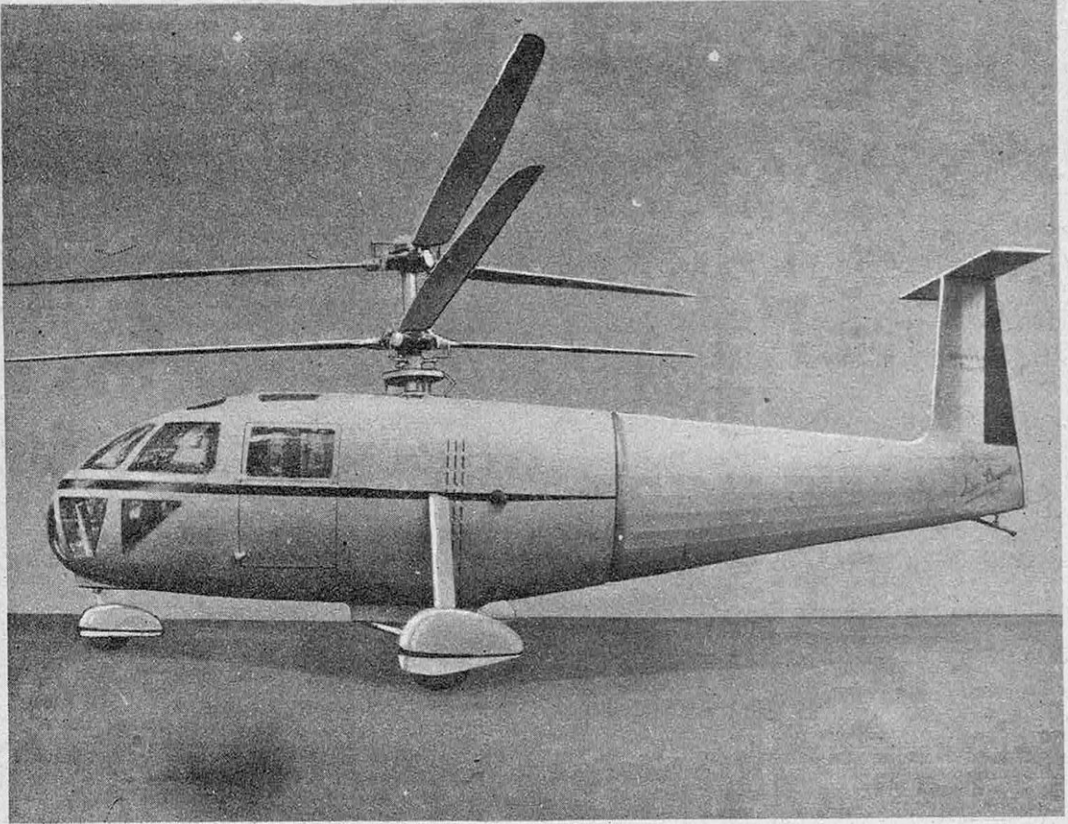


FIG. 9. — GYROPLANE FRANÇAIS BRÉGUET 11 E

La voilure tournante comporte deux rotors tripales de 7,70 m de diamètre, actionnés par un moteur Potez 9 E de 240 ch, par l'intermédiaire d'un embrayage avec roue libre automatique, pour le vol en autorotation. La vitesse horizontale est de 240 km/h. Cet appareil, d'un poids total de 900 kg environ en charge, est destiné en principe au tourisme aérien.

à des efforts périodiquement alternés. Ce cas n'est assurément pas exceptionnel et on en rencontre de nombreux exemples dont le plus fréquent est vraisemblablement celui des pistons et des embiellages dans les moteurs. Pour résister à des efforts de ce genre, deux solutions sont possibles : ou bien donner aux organes intéressés la rigidité et la résistance nécessaires, comme on le fait pour les moteurs, ou bien au contraire leur laisser une certaine flexibilité, une certaine souplesse pour qu'ils cèdent à ces efforts, évitant ainsi de subir dans leurs fibres des fatigues exagérées et imitant la manière de se comporter du roseau par opposition à celle du chêne de la fable. La première solution conduit inévitablement à des pièces plus lourdes que la seconde et ne peut être adoptée qu'exceptionnellement dans les hélicoptères qui sont, nous l'avons déjà dit, des machines volantes dans lesquelles le poids utilisable n'est qu'une portion assez faible du poids total qu'ils peuvent soulever (un quart en moyenne, y compris le combustible), de sorte que c'est la seconde solution qui a été le plus souvent appliquée : les pales sont attachées au moyeu par l'intermédiaire d'un joint de cardan ou de lames flexibles qui les laissent libres de se mouvoir

dans tous les sens et de s'équilibrer à chaque instant sous l'action des forces qui leur sont appliquées, y compris les forces d'inertie. Malgré tout, on ne peut éviter, même en utilisant des amortisseurs convenablement disposés, qu'il se produise des vibrations, surtout aux grandes vitesses et, lorsque la propulsion est obtenue par inclinaison vers l'avant de la poussée des rotors, c'est-à-dire de l'axe du cône décrit par les pales, résultat qui, ainsi que nous l'avons vu, s'obtient par la variation cyclique du pas qui est, elle aussi, une nouvelle source d'efforts alternés s'ajoutant à celle qui résulte de la vitesse de translation.

On supprimerait cette dernière source supplémentaire en assurant la propulsion par d'autres moyens, par exemple à l'aide d'hélices propulsives comme dans les avions et comme dans les autogires. C'est une solution qui a déjà été envisagée et à laquelle on devra sans doute avoir recours dans l'avenir ; elle ne complique pas beaucoup les appareils et facilite dans une certaine mesure leurs évolutions.

Il est évident par ailleurs que le nombre des pales qui constituent chaque rotor joue un rôle prépondérant dans ces phénomènes de battements et résonances, puisque la fréquence des

alternances dépend de ce nombre. Il y a en principe intérêt à augmenter ce nombre, mais on est limité ici par des questions d'aérodynamique et il n'est pas possible de dépasser un certain chiffre sans voir tomber les qualités aérodynamiques à des valeurs tout à fait inacceptables. Les nombres les plus usités actuellement sont de deux ou trois, mais on pourrait porter ce chiffre à quatre tout en conservant des qualités aérodynamiques suffisantes, en particulier dans le cas où les rotors sont à axes séparés.

Les vibrations des rotors d'hélicoptères ont pour premier inconvénient d'imposer à la matière des fatigues supplémentaires, mais on peut y parer en tenant compte de ces fatigues dans les calculs de résistance et en adoptant un coefficient de sécurité suffisant comme on le fait pour les nombreuses machines de tout type qui sont soumises à des efforts alternés. Elles ont un second inconvénient, c'est celui de se transmettre par résonance aux diverses parties de l'appareil et jusqu'au manche à balai, au levier de changement de pas et, d'une manière générale, aux commandes que doit manœuvrer le pilote, ce qui lui cause une impression des plus désagréables. Cet inconvénient n'est pas négligeable si l'on se place comme nous l'avons fait au cours de cet examen au point de vue du tourisme aérien, point de vue duquel les questions de confort ont leur importance.

Il faudra donc arriver absolument à atténuer ces vibrations au maximum, et nous pensons qu'on pourra y parvenir si l'on ne cherche pas à réaliser de très grandes vitesses.

L'hélicoptère ne saurait d'ailleurs être un appareil de grande vitesse si nous nous cantonnons dans le domaine du tourisme aérien auquel nous nous sommes intéressés. De multiples raisons s'y opposent ; le calcul des poids morts des organes qui le constituent, sensiblement plus nombreux et plus compliqués que ceux d'un avion, montre que, pour les puissances élevées qui seraient nécessaires pour réaliser de grandes vitesses, ces poids croissent rapidement au point de réduire à presque rien la marge utilisable pour le combustible et les passagers. D'autre part, le tourisme aérien, pas plus que le tourisme terrestre, ne vise à

réaliser des vitesses considérables, car tel n'est pas le but et la raison d'être du tourisme. Le premier bornera sans doute son ambition à aller seulement un peu plus vite que le second, et des vitesses de l'ordre de 200 km/h nous paraissent très raisonnables, étant donné en outre que, vu l'absence d'obstacles, les moyennes peuvent s'établir à des chiffres très voisins des vitesses maxima.

Les avions et particulièrement les modernes engins à réaction resteront toujours les détenteurs des records de vitesse pure et les amateurs de vitesse pourront toujours s'adresser à ces machines s'ils veulent contenter leur désir.

Toute machine — et les machines volantes n'échappent pas à cette règle — représente toujours un compromis entre diverses qualités qui s'excluent plus ou moins mutuellement. Ce compromis est à établir suivant les buts que l'on a en vue et l'usage auquel on destine l'engin en question.

Les hélicoptères sont loin d'avoir dit leur dernier mot. Si leur développement fut lent dans le passé, nous assistons aujourd'hui à un regain d'attention et d'intérêt en leur faveur. Ils ont pour eux l'avantage de bénéficier d'emblée de tous les progrès réalisés dans les diverses branches de l'aéronautique, et l'on peut même dire que la plus grosse difficulté à l'heure actuelle, c'est de faire un choix, d'opérer une sélection entre tous ces progrès pour aboutir au meilleur compromis. La multiplicité des types construits, en construction ou à l'étude, en est la preuve. Il est fort probable d'ailleurs que tous ces types finiront par cristalliser non pas dans un type unique, mais peut-être bien dans trois ou quatre types un peu différents répondant chacun à des buts à des usages déterminés.

C'est en France que sont nés les hélicoptères, il y a plus d'un siècle, et c'est maintenant en Amérique qu'ils détiennent le record de distance qui s'établit par 700 km en ligne droite. Mais il reste encore bien d'autres records à battre, records auxquels on ne donne pas toujours dans l'aviation la place qu'ils méritent, ne seraient-ce que ceux de la stabilité, de la sécurité, de la facilité de pilotage. Et ce sont ceux-là qui comptent pour l'aviation de tourisme.

M. LAMÉ.

Comparant, devant la Royal Aeronautical Society de Londres, les caractéristiques respectives du moteur à pistons de conception classique et de la turbine à gaz dans leurs applications à l'aviation (les deux types d'engins entraînant des hélices), M. R.-M. Clarkson a souligné récemment les avantages de la dernière formule : pour transporter la même charge utile, un avion bimoteur de transport équipé de turbines serait de 22 p. 100 plus léger, 18 p. 100 meilleur marché, 16 p. 100 plus rapide, exigerait 21 p. 100 moins de puissance nominale, serait d'une exploitation 32 p. 100 plus économique et accomplirait dans l'année 16 p. 100 plus de travail. Ces gains seraient essentiellement la conséquence de la réduction considérable dans le poids spécifique (poids par cheval) que permet la turbine par rapport au moteur à pistons. Ce poids par cheval passerait, d'après M. Clarkson, de 906 grammes par cheval développé au décollage par un moteur radial à pistons refroidi par l'air, à 543 grammes par cheval pour une turbine à gaz centrifuge et s'abaisserait même jusqu'à 340 grammes pour les types actuellement à l'étude de turbines à gaz axiales.

BARRAGES SOUTERRAINS

par Marcel MONTAMAT

Les hommes ont reconnu, depuis la plus haute antiquité, l'intérêt d'accumuler l'eau des crues des fleuves et des rivières pour la leur restituer pendant l'étiage. Le but de ces retenues n'a été pendant longtemps que de permettre l'emploi du maximum d'eau possible pour les besoins de l'irrigation, en répartissant son emploi au mieux des facteurs saisonniers ; depuis, tout au moins dans nos régions, il est devenu secondaire devant d'autres besoins nés de la vie moderne tels que : régularisation de la navigation, lutte contre les dégâts des crues, alimentation des canaux, distribution d'eau aux villes et surtout production d'énergie hydroélectrique. Mais des réserves d'eau peuvent être constituées autrement que par ces lacs artificiels obtenus en établissant en travers d'une vallée étroite des barrages, extrêmement coûteux à réaliser par suite de la solidité et de l'étanchéité qui leur sont indispensables. Il peut être souvent plus opportun d'emmagasiner l'eau dans des bassins souterrains qui présentent l'avantage, appréciable dans les pays chauds, d'échapper aux pertes par l'évaporation et ne nécessitent pour leur réalisation que l'établissement de rideaux étanches retenus par les terrains eux-mêmes.

La construction des barrages-réservoirs a profité de tous les progrès de la technique, et les plus grands de ces ouvrages constituent une des manifestations les plus hardies du génie humain.

Les grandes retenues ainsi créées ont des capacités énormes. Citons, à titre d'exemples, celle du barrage de Sarrans, sur la Truyère, en France, de 300 millions de mètres cubes et celle du barrage Hoover sur le Colorado, aux États-Unis, de 34 milliards de mètres cubes.

L'exécution de tels ouvrages n'en offre pas moins des sujétions importantes : mise en œuvre de puissants moyens d'exécution, dépenses très élevées, longs délais de réalisation.

De plus, ces barrages présentent des inconvénients non négligeables tels que : pertes par évaporation (surtout sensibles dans les pays tropicaux et pour des réservoirs de peu de hauteur

et de grande surface), comblement progressif par décantation des particules fines terreuses en suspension dans l'eau, perte de terrains cultivables à l'emplacement du lac artificiel, risque de catastrophe pour les populations d'aval en cas de rupture, grande vulnérabilité en cas de guerre.

Dans les vallées rocheuses, la construction de ces grandes digues transversales reste cependant la seule possibilité de créer des retenues d'eau, alors qu'au contraire, dans les plaines et les larges vallées, la construction des digues en surface s'avère impossible.

Il n'en est, par contre, plus de même pour les fleuves et rivières coulant sur un lit de matériaux perméables, pour lesquels il est alors possible de créer une réserve d'eau à moindre frais au moyen de barrages souterrains.

Dans les terrains perméables, l'eau peut en effet circuler et s'accumuler, et l'on y rencontre souvent de véritables rivières souterraines dont l'importance est plus grande que celle des cours d'eau de surface. Même là où il n'existe pas de rivière ou de nappe souterraine, il est bien rare que le sous-sol n'accuse pas la présence de couches perméables qui permettent la création de retenues souterraines considérables.

Utilisant l'exemple de possibilité d'accumulation d'eau que lui offrait ainsi la nature, l'homme a songé à réaliser lui-même, à l'intérieur de ces couches perméables, des réserves d'eau utilisables suivant ses besoins. De là est née la technique des barrages souterrains.

Le principe des barrages souterrains

Les terrains perméables sont formés de matériaux sableux entre les grains desquels l'eau peut circuler, et l'importance des vides laissés entre les pleins caractérise leur porosité. Le plus souvent ils sont découpés par des couches argileuses imperméables avant que soit rencontrée la masse rocheuse, elle-même plus ou moins fissurée. Au droit de l'écoulement de surface, la première des couches ainsi créées — dite nappe phréatique — constitue généralement une véritable rivière souterraine, dont les lois d'écoule-

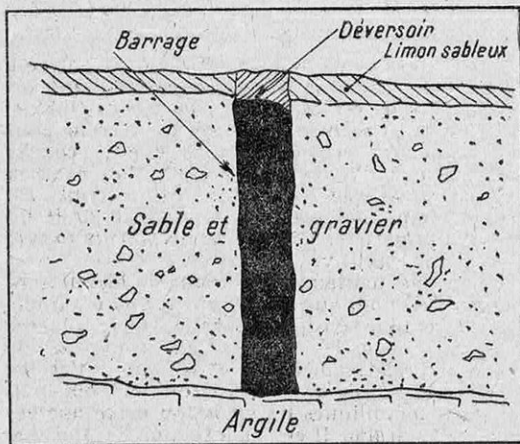


FIG. 1. — BARRAGE SOUTERRAIN ÉTABLI EN MATÉRIAU IMPERMÉABLE

ment sont les mêmes que celles des rivières de surface.

C'est cette nappe qui sera « barrée » par un rideau étanche de manière à transformer l'ensemble de la couche perméable qui la contient en un grand bassin de retenue. Pour en remplir la capacité au maximum, l'infiltration des eaux superficielles y sera guidée, pour autant que de besoin, au moyen de fossés et de puits, et des cheminées d'aération seront disposées pour évacuer l'air qui, en s'accumulant dans les pores des terrains, se comprimerait et empêcherait l'eau de les remplir.

Le rideau étanche sera établi dans le sens transversal de la vallée, comme s'il s'agissait d'un barrage à l'air libre et se complètera de dispositifs évacuateurs des excès d'eau (analogues aux évacuateurs de crues des ouvrages superficiels). Ces dispositifs seront le plus souvent constitués en laissant simplement une hauteur de l'ordre d'un mètre entre la surface du sol et le sommet du rideau, de telle sorte que le trop-plein de la retenue s'écoule par le dessus du rideau (fig. 1), ainsi que par des vannes. Si l'on veut pousser la comparaison avec les grands barrages en maçonnerie où en béton, on dira qu'on réalise ainsi l'analogie des évacuateurs de crues par déversoirs sur l'ouvrage lui-même.

Dans les régions à fortes précipitations, les eaux en excès pourront être reprises dans un réseau de drainage superficiel, mais une telle nécessité ne se fera que rarement sentir, la végétation et l'évaporation directe suffisant presque toujours pour éviter le risque de voir se créer une zone marécageuse.

La disposition idéale serait que le niveau de la nappe souterraine soit réglé de telle sorte que l'irrigation de la végétation s'opère normalement par capillarité, se rapprochant ainsi des jeux normaux de la nature.

Plus généralement, l'eau accumulée dans la retenue sera captée soit par galeries, soit par pompage. La première de ces dispositions, qui ne fait appel à aucune source d'énergie extérieure, sera préférée chaque fois qu'il sera possible. Dans une vallée quelque peu encaissée, il suffira d'ailleurs de percer des galeries de peu de longueur sur les rives pour constituer à peu de frais les ouvrages de prise d'eau.

Au delà, l'eau sera utilisée comme celle provenant d'une retenue ordinaire, dans le cas d'emploi pour l'irrigation : par exemple, elle sera déversée dans une succession de canaux et fossés.

Il est à noter, enfin, que l'importance de la retenue pourra être augmentée en échelonnant plusieurs barrages souterrains, de même qu'on utilise toutes les ressources d'une rivière superficielle en la barrant à différents points de son cours.

Réalisation des barrages souterrains

La constitution du masque étanche au travers des couches perméables dépend principalement de leur nature, de leur épaisseur, de la consistance des couches imperméables d'assise et des ressources locales.

Son exécution ne fait appel qu'aux techniques habituelles de la réalisation des fondations d'ouvrages d'art ou de la constitution des rideaux et enceintes étanches (dites « batardeaux ») à l'abri desquels ces fondations sont exécutées, dans le cas de la confection des piles des ponts en rivière, par exemple.

Comme en matière de fondations et de travaux

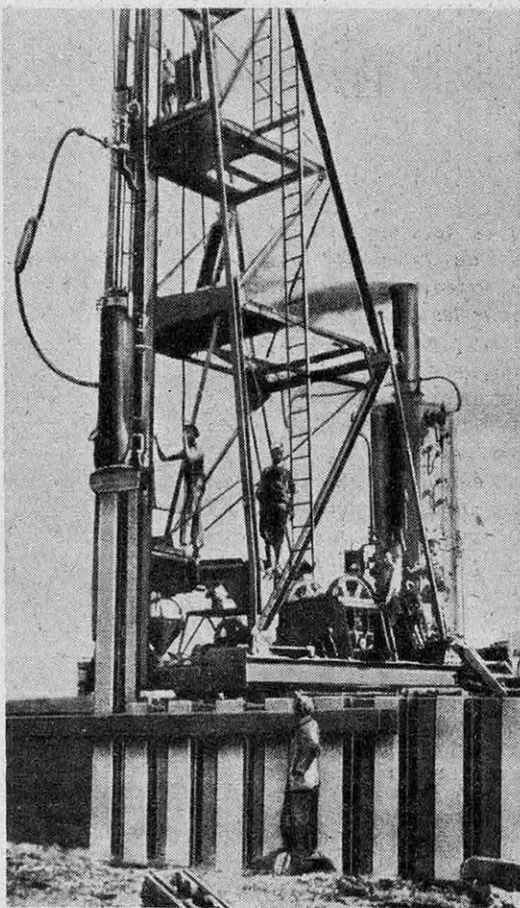


FIG. 2. — BATTAGE D'UN RIDEAU EN PALPLANCHES MÉTALLIQUES AU MOYEN D'UNE SONNETTE À VAPEUR

L'enfoncement de la palplanche est obtenu par l'action d'un « mouton » comportant une masse frappante actionnée par la vapeur de la sonnette; cette dernière comporte une haute charpente métallique munie d'un treuil et sert à lever et à guider la palplanche et, en même temps, à soutenir le « mouton ».

hydrauliques, les études préliminaires ont une importance capitale. Elles portent d'abord sur la capacité de retenue elle-même et sont précédées de la prise d'échantillons du terrain pour déterminer sa porosité, tandis que la couche imperméable d'assise fait l'objet d'un examen attentif pour s'assurer de sa bonne tenue. En même temps, des sondages opérés au droit du masque projeté renseignent sur la nature exacte des terrains qu'il va rencontrer.

Pour une hauteur de retenue faible, il sera souvent économique de recourir à une simple fouille remplie ensuite d'argile, pour réaliser le barrage. Dans le cas de terrains constitués de matériaux relativement fins et assis sur de l'argile, le rideau pourra être constitué par des palplanches métalliques ou en béton armé ancrées dans cette argile. Il est maintenant de pratique courante de descendre de tels rideaux à une profondeur de plus de 20 m en dessous du sol (fig. 2 et 3).

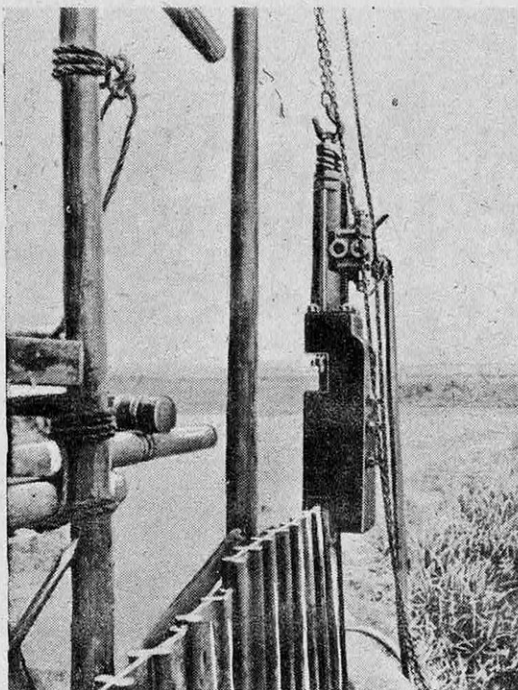


FIG. 3. — BATTAGE SANS SONNETTE D'UN RIDEAU DE PALPLANCHES MÉTALLIQUES AU MOYEN D'UN « MARTEAU TRÉPIDEUR » A VAPEUR (MCKIERNAN TERRY)

Le marteau trépideur comporte, comme le « mouton », une masse frappante, mais de course plus réduite et animée d'une fréquence de chute beaucoup plus rapide ; son mouvement est automatique.

D'autres fois, il sera plus avantageux de recourir à la technique des injections en forant des trous dans le sol et y injectant, par air comprimé ou par pompe spéciale, des coulis susceptibles de boucher les vides entre les grains du terrain, par dépôt (coulis argileux), solidification (prise d'un coulis de ciment), ou réaction chimique (création d'un gel colloïdal au moyen de silicates ou autres produits chimiques) (fig. 4). La profondeur des rideaux pouvant être exécutés par injections n'a pratiquement pas de limites, et l'on dépassera couramment une centaine de mètres.

En tout cas, les procédés de mise en œuvre sont toujours simples et ne nécessitent pas d'installations coûteuses lorsqu'il s'agit de petits projets et lorsque les conditions de terrain sont favorables. Les fouilles sont exécutées à la main ou en employant différents excavateurs de tranchées de types courants ; les palplanches sont battues à travers le sol avec des marteaux trépideurs ou moutons mus par la vapeur ou l'air comprimé, et les injections sont conduites au moyen d'appareils très simples, mais elles exigent cependant le concours d'un personnel très spécialisé. A l'heure actuelle, on envisage des projets de grande envergure, pour lesquels les longueurs et profondeurs des barrages souterrains exigent des machines spéciales travaillant vite et économiquement.

Applications des barrages et retenues souterrains

Il est évident que le concept des barrages et retenues souterrains ouvre dans tous les pays de multiples et considérables perspectives d'applications. Ils s'avèrent d'une aide précieuse pour reconquérir des régions devenues désertiques par l'abatage inconsidéré de leurs forêts et des haies qui protégeaient la surface de leur sol contre l'action érosive et desséchante du vent. Ils arrêtent d'abord, fixent ensuite les lisières du désert envahissant. Puis, ils permettent de progresser pas à pas sur le terrain à reconquérir, par la création continue de secteurs irrigués, très vite mis en culture, et transformant ainsi les zones désertiques en terres fertiles.

De même, partout dans le monde où se rencontrent des plaines de grande étendue ou une région fluviale dont le cours d'eau principal irrigue une bande étroite de terre, laissant desséchées de larges régions latérales tout au long de son cours, il est aisé de récupérer des surfaces stériles, en les fertilisant par la création de nappes aquifères souterraines alimentées par les eaux du fleuve et les précipitations pluviales.

Tous ces exemples visent en première ligne l'irrigation et la culture des terres desséchées ; les travaux entrepris permettent en même temps d'alimenter des communautés humaines en eau potable.

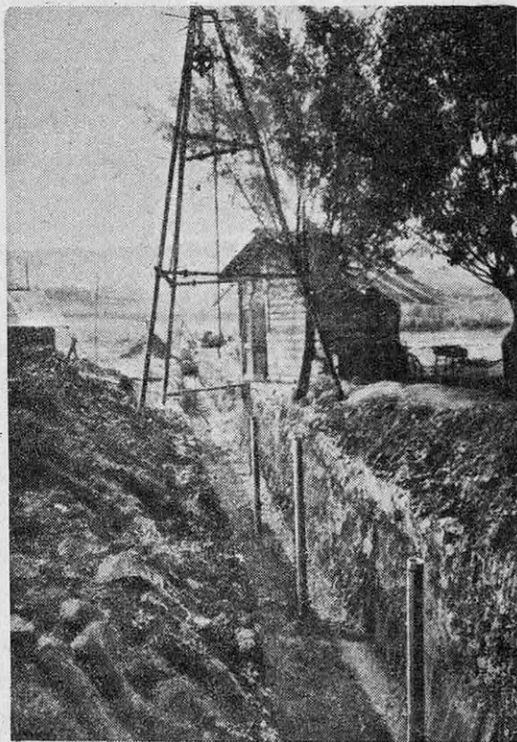


FIG. 4. — TUBES D'INJECTION D'UN ÉCRAN BARRANT UNE VALLÉE (GIOVANNI RODIO)

Le coulis de ciment ou d'argile est injecté au moyen d'une pompe spéciale branchée successivement sur les différents tubes d'injection, convenablement espacés.

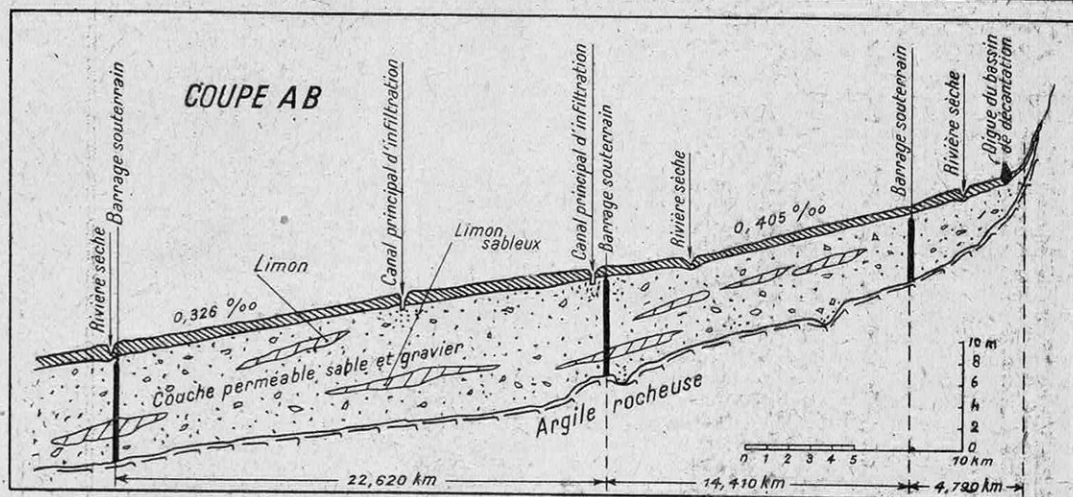
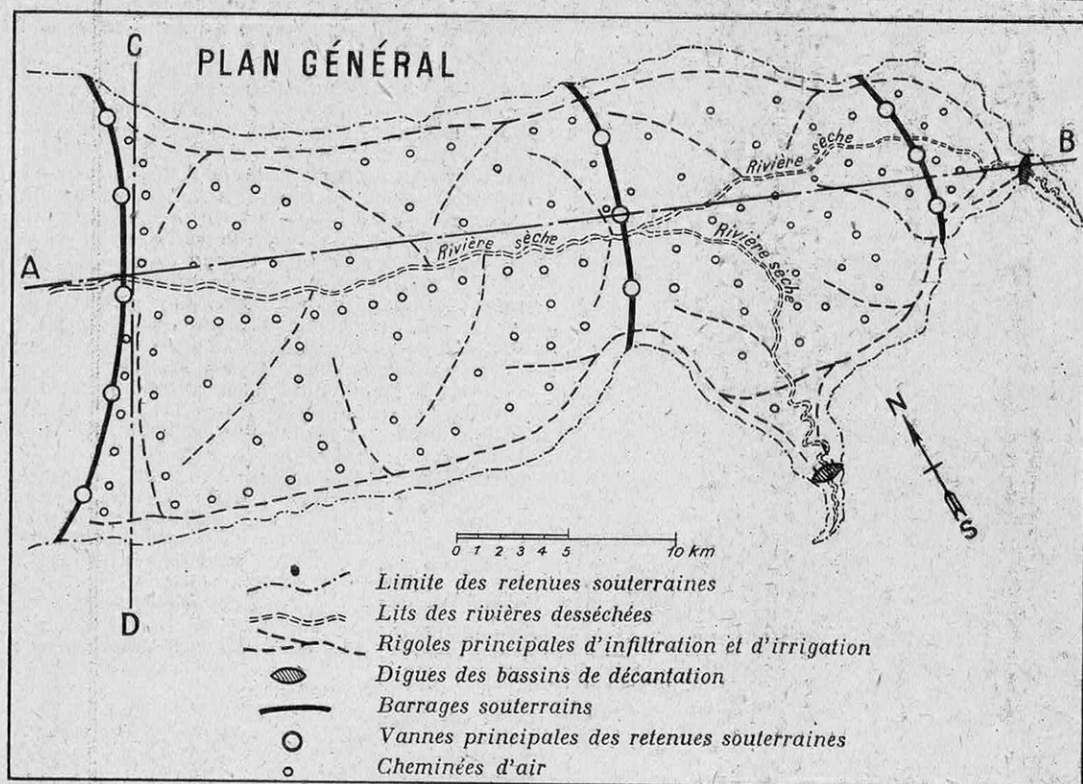
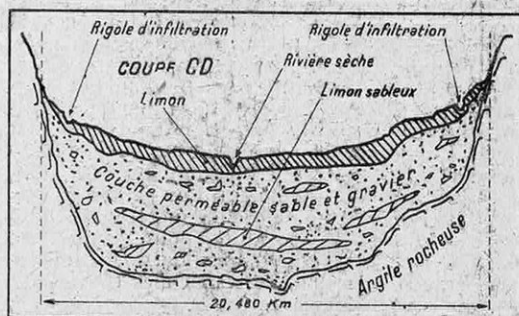


FIG. 5, 6 ET 7. — FERTILISATION D'UNE RÉGION DESSÉCHÉE AU MOYEN DE BARRAGES SOUTERRAINS

La vue en plan montre l'ensemble du travail qui a été accompli pour fertiliser une région de 640 km² (longueur 42 km) : 44 km de barrages souterrains d'une surface totale de 176 000 m², retiennent un volume d'eau d'environ 1 280 millions de mètres cubes ; on compte 298 km de canaux d'irrigation principaux profonds de 1,30 m ; 92 km de canaux d'irrigation latéraux profonds de 1,50 m ; 80 km d'installation d'infiltration sur une profondeur de 3,50 m. Les leviers géologiques accusaient une couche de limon superficiel épaisse de 0,60 m à 1,90 m, recouvrant une couche perméable de sable et de graviers profonde de 10 m, elle-même limitée par de l'argile rocheuse imperméable.



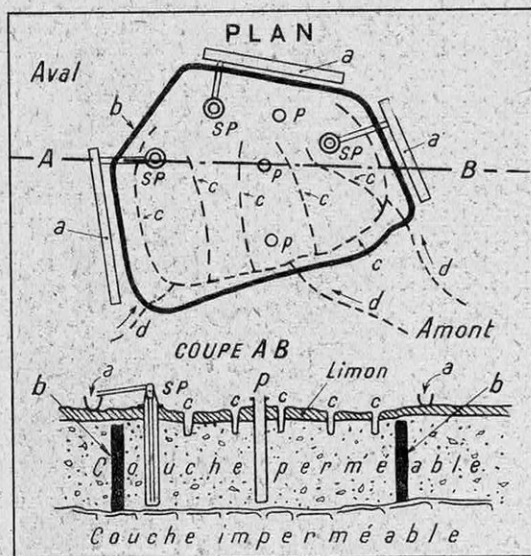


FIG. 8. — LA CONSTITUTION D'UN « POINT D'EAU » PAR DES BARRAGES SOUTERRAINS

Les barrages souterrains b permettent d'accumuler, grâce aux rigoles d'infiltration c et aux collecteurs d'irrigation d, des retenues souterraines suffisantes pour alimenter des puits p et des abreuvoirs a, l'eau étant élevée jusqu'à ces derniers par les stations de pompage SP.

Les figures 5, 6 et 7 montrent schématiquement l'application d'un tel projet. Il s'agit de fertiliser une région desséchée, d'une surface de 640 km², longue de 42 km et se situant à une altitude d'environ 200 m au-dessus du niveau de la mer. Cette région subit généralement deux périodes de pluies annuelles, de courtes durées, variant, pour chacune d'elles, entre dix et quinze jours ; les précipitations sont de caractère orageux. Les masses d'eau accumulées dans les lits des rivières sèches se perdent et la croûte de la surface du sol, non protégée par suite de la trop basse altitude, des collines environnantes, se dessèche rapidement sous l'action des vents et de la chaleur.

Grâce aux barrages souterrains qui ont créé une retenue d'eau d'un volume d'environ 1 280 millions de mètres cubes, cette région, jusqu'alors désertique, a pu fixer sur son sol et y voir prospérer une population agricole de 30 000 âmes environ, possédant un cheptel abondant.

En effet, la végétation et l'homme ne sont pas seuls à souffrir de la sécheresse, les animaux ont également besoin d'une humidité vitale journalière. C'est ainsi que, dans de grandes régions d'élevage, la sécheresse dévaste périodiquement les troupeaux et, jusqu'à présent, l'éleveur se trouvait en général désarmé pour y apporter remède. Les barrages souterrains donnent la possibilité, aujourd'hui, d'alimenter abondamment et de façon permanente des points d'eau ou abreuvoirs en nombre et dimensions suffisants, par accumulation, dans des retenues souterraines, des précipitations pluviales ainsi soustraites à l'évaporation. Ces points d'eau peuvent avoir des dimensions très diverses qui peuvent varier de quelques centaines de mètres jusqu'à plusieurs kilomètres de diamètre (fig. 8).

D'autres problèmes que la sécheresse retiennent encore l'attention des gouvernements sur les barrages souterrains : de plus en plus la nécessité se fait jour pour les nations d'installer leurs industries vitales à l'abri des destructions engendrées par les guerres, et l'une des principales industries à mettre à l'abri est celle de la production de force hydroélectrique. Il existe déjà des usines hydroélectriques souterraines, mais leur point faible, parce que vulnérable, est le barrage-réservoir extérieur dont le plan d'eau fait miroir.

Il est aujourd'hui possible, à l'aide des barrages et retenues souterraines, de créer des réservoirs d'eau invisibles recouverts de végétation ; ils peuvent être construits aussi bien dans les hautes vallées que sur les hauts plateaux ou dans les plaines. Les eaux souterraines sont captées par des drains principaux qui les conduisent aux turbines, sans visibilité de surface ; elles sont de même évacuées, après usage, en aval des turbines, par infiltration directe dans une autre retenue souterraine d'aval que rien ne peut déceler. Les usines souterraines les plus importantes sont donc mises intégralement hors de vue d'avions.

Citons encore la nécessité de protéger dans les régions industrielles les nappes aquifères existantes à la fois contre un épuisement excessif par pompage et contre la pollution de leurs eaux par des matériaux résiduels ; la construction des barrages souterrains assure efficacement cette protection et en même temps remédie à la baisse considérable du niveau de la nappe souterraine, par l'infiltration dirigée superficielle.

Exemples de réalisations de barrages souterrains

La technique des barrages souterrains, telle qu'elle a été exposée ci-dessus, a donné lieu à plusieurs réalisations importantes, dès avant la guerre, aux États-Unis, dans l'U. R. S. S., en Allemagne et aux Indes.

En Allemagne, les retenues souterraines ont été utilisées soit pour l'alimentation des grandes villes, soit pour l'irrigation. On en trouve ainsi, d'une part, à Berlin et Stuttgart, d'autre part, dans la vallée de l'Oder et sur le plateau entre Rhin et Ems. Ces réalisations sont dues en grande partie à l'ingénieur W. Guembel qui a beaucoup contribué au perfectionnement de cette technique nouvelle et qui en poursuit actuellement l'étude en France.

Cet ingénieur a aussi dirigé l'exécution de plusieurs barrages souterrains successifs en Afghanistan, qui, par la réalisation d'une retenue couvrant une surface de 75 km², ont permis de mettre en valeur pratique un terrain de plus de 100 km² d'étendue, de fertiliser une région anciennement inculte et, en même temps, de se protéger des dégâts d'un oued aux crues dévastatrices.

La possibilité de créer économiquement de grandes retenues d'eau au moyen de barrages souterrains aura des répercussions dans tous les domaines des aménagements hydrauliques, mais son champ d'application devrait être plus particulièrement important en ce qui concerne les irrigations coloniales.

La simplicité des moyens à mettre en œuvre permettra en effet de s'attaquer aux régions d'accès très difficile et aux plus désertiques, celles justement où le captage de l'eau a le plus de valeur.

M. MONTAMAT

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

POUR RÉPARER LES CANALISATIONS D'EAU

La distribution de l'eau s'effectuant en règle générale par de multiples canalisations branchées sur une même conduite principale, il est fréquent qu'une fuite sur une canalisation secondaire entraîne l'arrêt, pendant un temps plus ou moins long, de la distribution dans un secteur

système de chambres d'expansion (fig. 2) fixées solidement au tuyau (des jeux de mâchoires en cuivre permettent de l'adapter à différents diamètres jusqu'à 37 mm). Le chlorure de méthyle s'y détend et refroidit la canalisation avant de revenir au compresseur. On peut appliquer le dispositif aussi bien aux tuyaux de plomb qu'à ceux de cuivre, de fer ou d'acier.

Dans les deux premiers cas, après avoir repéré la fuite,

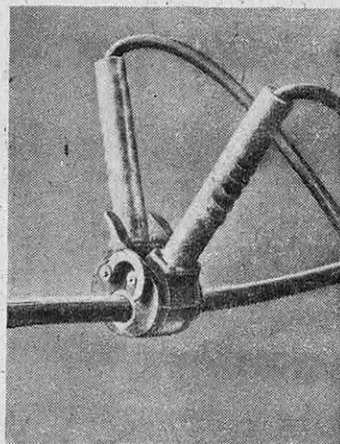


FIG. 2. — LES CHAMBRES D'EXPANSION DU CHLORURE DE MÉTHYLE FIXÉES SUR UNE CANALISATION D'EAU À RÉPARER

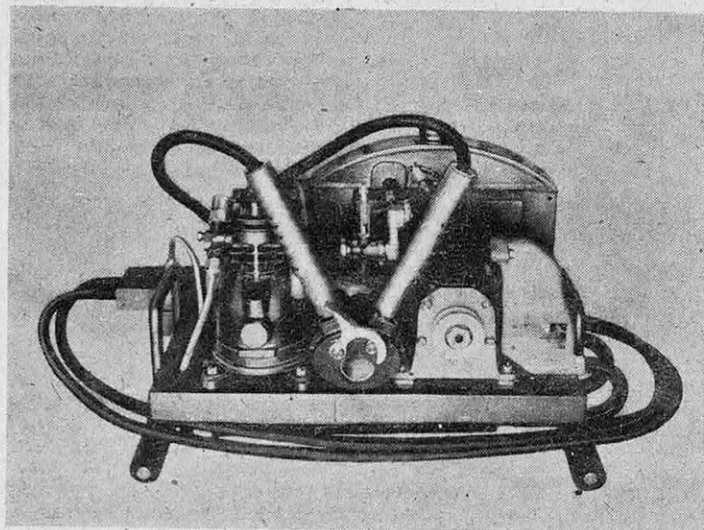


FIG. 1. — L'ÉQUIPEMENT FRIGORIFIQUE POUR LE GEL PROGRESSIF DES CANALISATIONS D'EAU

On voit, au centre, la pince que l'on doit placer sur la conduite et, fixés au châssis, le moteur et le compresseur pour la liquéfaction du chlorure de méthyle utilisé comme agent frigorigène.

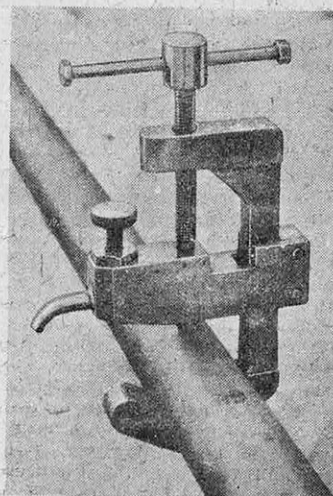


FIG. 3. — DISPOSITIF DE PERFORATION DE LA CANALISATION, À PLACER EN AVAL DES CHAMBRES D'EXPANSION

très étendu. Un dispositif nouveau vient d'apparaître en Angleterre pour limiter cet arrêt au seul secteur intéressé par la canalisation défectueuse. Il est fondé sur la formation d'un bouchon de glace en un point aussi rapproché que possible et en amont de la fuite.

Il s'agit d'un ensemble mobile comprenant (fig. 1) un petit moteur de 1 ch entraînant un compresseur pour la liquéfaction de chlorure de méthyle. Ce dernier, sous la forme liquide, est envoyé par un tuyau à un

on commencera par écraser la canalisation pour arrêter l'eau et accéder à la partie endommagée. Puis on disposera successivement, en allant vers l'amont, un petit système auxiliaire destiné à perforer la paroi du tuyau (fig. 3) et combiné avec un robinet afin d'obtenir un écoulement lent et réglable à volonté, puis les chambres d'expansion reliées au compresseur. Ainsi le gel débute le long des parois et provoque progressivement la formation d'un bouchon de

Ce dispositif permet de maintenir un courant d'eau réglable à volonté, grâce au robinet, pendant le gel de la conduite, afin d'éviter son éclatement.

glace annulaire, dont le trou central va en s'amenuisant au fur et à mesure qu'on réduit le courant d'eau, et ne se bouche complètement que lorsque les parois de glace ont atteint une épaisseur suffisante pour résister à la dilatation lors de la prise de la partie centrale. Ainsi est évité tout danger d'éclatement du tuyau. Il ne reste plus qu'à couper la partie de la canalisation comprenant la fuite, l'écrasement et la perforation pratiquée comme indiqué ci-dessus, et à la remplacer par une section neuve. Dans le cas d'un tuyau en fer ou en acier, on recouvrira l'emplacement de la fuite d'un manchon caoutchouté comportant un robinet réglable, et on opérera comme ci-dessus.

LES BOUTONS-D'OR ET LES MICROBES

La découverte de la pénicilline, substance élaborée par une moisissure, le *Penicillium notatum*, a encouragé les chercheurs à explorer non seulement le monde des végétaux inférieurs, mais aussi celui des plantes supérieures, dans l'espoir de mettre en évidence des corps dotés de propriétés antibiotiques analogues. *Science et Vie* a signalé les espoirs qu'ont fait naître en particulier les découvertes de la clitocybine (1), extraite d'un champignon, et de la streptomycine (2), élaborée par une bactérie du sol. En Angleterre, Osborn, en 1943, a étudié de ce point de vue, et par les mêmes méthodes que celles mises en œuvre pour le dosage de la pénicilline, 2 300 espèces végétales appartenant à 166 familles, et a mis en évidence chez 63 genres différents des substances arrêtant la croissance du Colibacille et du Staphylocoque doré. Les corps les plus actifs étaient fournis par des plantes de la famille des renonculacées, plus particulièrement Anémone, Clématite, Ellébore et Renoncule. Peu après, Lucas et Lewis signalaient la présence de principes antibiotiques, de puissance très inégale, dans les feuilles du Chardon d'Écosse, de la Pivoine, et dans les fruits du Rosier, du Saxifrage, etc. Une espèce de chèvrefeuille en par-

ticulier, *Lonicera tatarica*, contient une substance très active contre le Colibacille et le Staphylocoque doré. Tout récemment, Seegal et Holden ont obtenu des extraits de Bouton-d'or et d'*Anemone pulsatilla* particulièrement puissants contre de nombreuses bactéries. Le principe actif est la « protoanémone », apparentée chimiquement à une famille d'agents antibactériens qui groupe déjà l'acide pénicillique, la crépine, la clavicine, dont les formules chimiques contiennent le même radical cyclique pentagonal non saturé. On ne possède jusqu'à présent aucune indication sur la toxicité de cette nouvelle substance, de sorte qu'on ne peut rien dire de son avenir possible en tant qu'agent thérapeutique.

UN NOUVEAU FACTEUR VITAMINIQUE : L'ACIDE FOLIQUE

Le groupe des vitamines B s'est enrichi pendant la guerre d'une nouvelle unité, l'acide folique. Découvert

en 1941 par les savants américains Mitchell, Snell et Williams, ce facteur fut ainsi baptisé parce que ces chercheurs le trouvèrent en premier lieu dans les feuilles des plantes (notamment dans les épinards) avant de le découvrir également dans les tissus animaux (foie, rate, reins, etc.). Cette nouvelle vitamine ne tarda pas à être identifiée avec celle dont Hogan et Parott avaient soupçonné l'existence dès 1939, lorsqu'ils constataient que le poulet soumis à un régime anémiant recouvre rapidement la santé sous l'action de l'extrait de foie, ainsi qu'avec le facteur *L. Casei* décelé en 1940 par Snell et Petersen dans les extraits de foie et de levure. On a ainsi dénommé en raison de son action stimulante sur la croissance du *Lactobacillus Casei*.

La préparation synthétique de l'acide folique a été réalisée dès août 1945 par un groupe de seize chercheurs américains, mais son étude biologique n'en est encore qu'à ses débuts. On a toutefois déjà établi que la répartition de ce facteur dans les tissus animaux est analogue

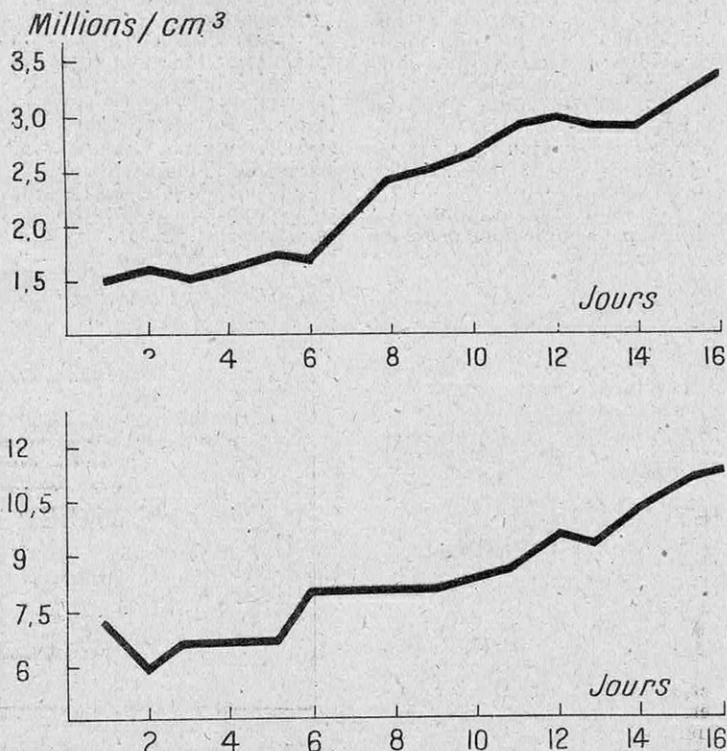


FIG. 4 ET 5. — AUGMENTATION DU TAUX DE GLOBULES ROUGES (EN HAUT) ET D'HÉMOGLOBINE (EN BAS) DANS LE SANG D'UN ANÉMIQUE TRAITÉ À L'ACIDE FOLIQUE (D'APRÈS SPIES)

(1) Voir : « La clitocybine vaincra-t-elle la tuberculose ? » (*Science et Vie*, n° 345, juin 1946).

(2) Voir *Science et Vie*, n° 337, octobre 1945, p. 169).

à celle des autres vitamines B, à cette différence près qu'il se trouve en plus grande quantité dans le foie et les reins. Il est également reconnu qu'un certain nombre de bactéries sont capables de synthétiser l'acide folique, et que la flore intestinale de certains animaux peut ainsi subvenir à une partie au moins de leurs besoins en cette vitamine. Cela est notamment vérifié par le fait que les rats soumis à un régime sulfamidé, qui détruit les bactéries de l'intestin, ne tardent pas à manifester les troubles anémiques de la carence en acide folique. L'administration d'extrait de foie, ou d'acide folique synthétique, amène rapidement la fin de ces troubles.

Les besoins de l'homme en acide folique sont de 0,1 à 0,2 mg par jour. L'absence d'acide folique dans l'alimentation n'amène toutefois aucun trouble, car la source naturelle constituée par les bactéries intestinales est suffisante, pour l'organisme sain du moins.

L'acide folique a déjà été essayé dans le traitement de certaines anémies et les premiers résultats sont des plus encourageants. L'hématopoïèse (élaboration du sang) est nettement stimulée dans la moelle osseuse par l'administration quotidienne de quelques milligrammes d'acide folique, ainsi que le montrent les figures 4 et 5. La *sprue*, autre maladie comportant une altération sanguine, paraît également justiciable du traitement par l'acide folique.

Cette nouvelle vitamine anti-anémique semble donc posséder une importance considérable pour l'équilibre du sang et des tissus qui l'élaborent. Bien que le rôle physiologique que joue l'acide folique ne soit pas encore exactement défini, il est permis de fonder dès à présent de grands espoirs sur les possibilités qu'il offre pour la thérapeutique des affections sanguines.

HORTICULTURE ET MATIÈRES PLASTIQUES

Le nombre des applications de matières plastiques s'accroît sans cesse, et, comme de nouvelles formules en sont proposées quotidiennement et perfectionnées incessamment, ce développement s'affirme chaque jour

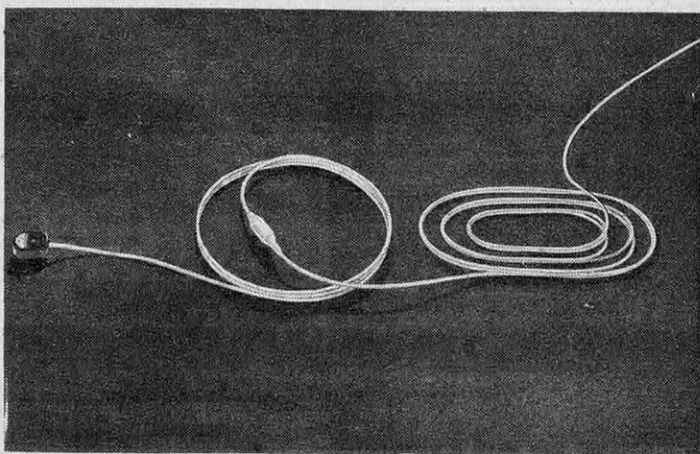


FIG. 6. — LE CABLE CHAUFFANT « TENATHERM »

et s'étend à de nouveaux domaines.

Les résines synthétiques de la classe des « polythènes », produits de condensation de l'éthylène, sont caractérisées par leur grande inertie chimique, qui leur permet de résister aux agents atmosphériques et aux acides les plus divers. Ce sont d'excellents isolants électriques, et enfin leur résistance mécanique est assez bonne, jointe à une certaine élasticité.

L'ensemble de ces qualités leur a valu déjà de nombreuses et importantes applications industrielles. Il est intéressant cependant d'en signaler l'emploi récent dans un domaine bien particulier, l'horticulture.

On sait qu'une des grandes préoccupations de l'horticulteur est d'obtenir des germinations rapides et généralement hors saison, permettant des repiquages et des mises en place précoces, dès que les condi-

tions atmosphériques deviennent favorables, de plantes suffisamment développées. Les couches chaudes où fermente le fumier de cheval sont à la base de ces travaux. La matière première — si l'on peut dire — se faisant de plus en plus rare, on a songé depuis longtemps à chauffer artificiellement les châssis ou les boîtes de semences, par exemple par l'eau chaude ou l'électricité, ce qui présente l'avantage supplémentaire d'épargner à l'horticulteur des manutentions fastidieuses.

Une firme anglaise a fourni récemment une solution nouvelle à ce petit problème, sous la forme d'un câble électrique chauffant, comportant essentiellement une dizaine de mètres de tubes de polythène à l'intérieur desquels sont logés deux conducteurs. Dans une première portion, destinée uniquement au branchement, les deux conducteurs sont

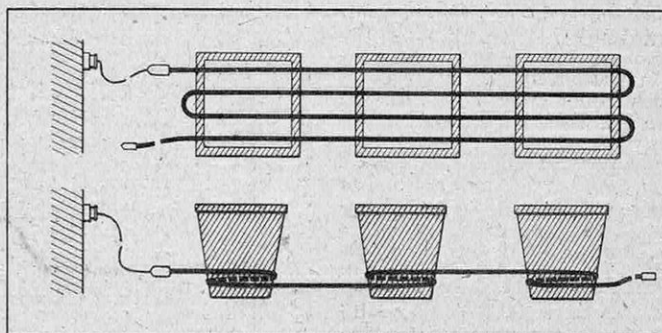


FIG. 7. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DU CABLE CHAUFFANT SOUS DES CHÂSSIS (EN HAUT), OU AUTOUR DE POTS (EN BAS)

réunis dans le même tube de polythène. Puis vient l'élément chauffant où les deux conducteurs sont séparés. La figure 7 montre la disposition de principe du câble chauffant sous des châssis ou autour des pots.

Il peut être manipulé même sous tension et installé sans aucune précaution particulière grâce à son isolement. Il convient seulement de veiller à éviter les croisements du câble, car la chaleur dégagée au point de contact risquerait d'endommager l'isolant. Le polythène résiste parfaitement à tous les liquides du sol et à ceux dont l'horticulteur peut avoir à faire usage pour ses traitements. On peut même immerger une partie du câble dans un réservoir d'eau si l'on veut élever sa température en vue d'un arrosage.

Enfin, la consommation est faible, car la puissance absorbée ne dépasse pas 100 W, celle d'une grosse lampe d'éclairage.

L'UTILISATION DES GAZ DE COMBAT EN THÉRAPEUTIQUE

COMME nombre d'autres fruits de la technique moderne, certains gaz toxiques qui ont été inventés à des fins guerrières peuvent également trouver des applications pacifiques. Il peut sembler paradoxal à première vue que de tels produits, nocifs par destination, puissent être utilisés en thérapeutique. Mais il ne faut pas oublier que leur agressivité ne se manifeste qu'à des doses massives auxquelles la plupart des médicaments usuels auraient également des effets néfastes sur l'organisme.

On savait depuis la guerre de 1914-1918 que les gaz-moutarde, dont le plus connu est l'ypérite, modifiaient profondément les cellules de la moelle osseuse, des ganglions lymphatiques et de la muqueuse intestinale. Cette action a été récemment utilisée par Gilman et Philip, qui ont pu traiter diverses affections du système lymphatique par la dichloréthylméthylamine.

Un autre gaz de combat, le fluorophosphate de diisopropyle ou D. F. P. (d'après les initiales de son nom anglais), peut être utilisé dans certaines maladies du sang et des yeux.

Mais l'application la plus importante est due au 2-3-dimercaptopropanol, ou B. A. L.

(British anti-lewisite), qui constitue un excellent antidote des intoxications par les métaux lourds (arsenic, mercure, cadmium, etc.). Ce gaz possède en effet la propriété de réactiver les enzymes de l'organisme lorsque leurs fonctions sulfurées ont été bloquées par les toxiques en question. Le fait qu'un produit inventé pour répandre la mort serve également de remède à certaines intoxications ne montre-t-il pas que la valeur humaine de la technique dépend avant tout de notre propre volonté ?

POUR LA FUMURE DES ARBRES

TOUTE croissance végétale, toute récolte de fruits en particulier entraînent évidemment un appauvrissement du sol en éléments divers, appauvrissement qu'il faut compenser par un apport d'engrais. Mais il est non moins évident que cette fumure doit être effectuée selon un plan bien établi, variant avec l'état de l'arbre, s'échelonnant au cours de l'année suivant les besoins de la végétation et de la fructification, et dans des conditions telles que l'engrais exerce le maximum d'efficacité. De nombreuses expériences ont montré l'intérêt que présente, pour les arbres fruitiers à système racinaire profond, l'apport d'éléments fertilisants directement au contact des racines, à 40 cm de profondeur, sous forme de solution d'engrais concentrés distribués en sous-sol sous pression, en volumes strictement contrôlés.

On sait (1) comment on détruit les insectes nuisibles par l'injection de sulfure de carbone dans le sol. Le même procédé peut être appliqué à la fumure, grâce à un pal injecteur spécialement étudié à cet effet (fig. 8). Il comprend essentiellement une aiguille tronconique creuse A, percée à sa partie inférieure de petits orifices et terminée par une pointe très dure facilitant sa pénétration dans le sol ; celle-ci est obtenue au moyen d'étriers B permettant d'enfoncer le pal à la manière d'une bêche. Un dispositif spécial permet d'ailleurs de retirer aisément l'aiguille coincée dans le sol. Le dosage des engrais est automatiquement obtenu

grâce à un cylindre creux C de 250 cm³ renfermant un piston libre étanche dont on peut limiter la course et qui divise ainsi le cylindre en deux chambres. Le liquide nutritif sous pression est admis dans une chambre tandis que, poussé par le piston, il s'échappe vers l'aiguille de l'autre chambre qui s'était emplies pendant l'injection précédente. Un distributeur spécial D assure l'admis-

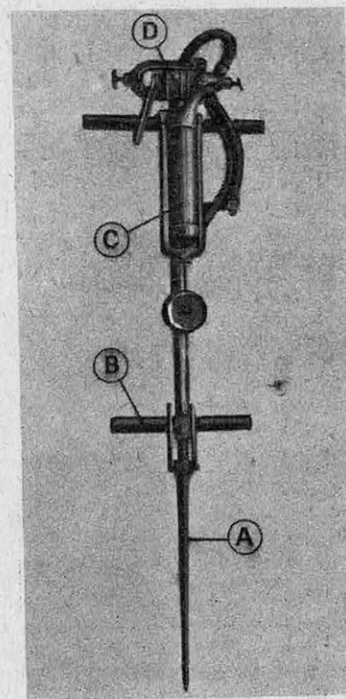


FIG. 8. — LE PAL INJECTEUR-DOSEUR AUTOMATIQUE MAPIC

sion du liquide alternativement dans l'une ou l'autre chambre du doseur et commande en même temps la sortie du liquide de la chambre opposée.

Ainsi, en apportant aux arbres les éléments de base aux moments précis où ils en ont besoin : au début de la végétation, à la formation des fruits, au milieu de septembre en vue de la constitution des réserves pour l'année suivante, le rendement de la production fruitière est notablement accru.

L'appareil s'adapte à n'importe quel modèle de pulvérisateur sur roues ou à moteur ; dans les petites exploitations on peut utiliser un appareil autonome plus simple, à pompe aspirante et foulante.

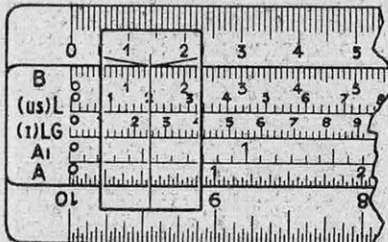
V. RUBON

(1) Voir : « La lutte contre les ennemis de culture (Science et Vie, n° 265, juillet 1939).

SCIENCE ET VIE PRATIQUE

LA RÈGLE QED CONVERSION DES MESURES ANGLO-AMÉRICAINES EN MESURES MÉTRIQUES

C'est une règle de mesure et de conversion, présentée telle une belle règle à calcul, fabriquée en PLEXIGLAS gravé, muni d'un curseur. Graduée en centimètres et millimètres (250 mm) et en pouces : 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 (10 pouces).



Elle donne, par lecture directe au curseur, avec l'approximation d'une règle à calcul, la conversion :

- des pieds, pouces et fractions en mesures métriques ;
- des livres et onces en grammes ;
- des gallons anglais en litres ;
- des gallons américains en litres.

Elle comporte enfin un tableau de correspondance des unités de longueur, surface, volume, capacité, poids, pression, puissance, travail, température, dans les deux systèmes : métrique et anglo-américain.

Indispensable aux bureaux d'études et de dessin et aux commerçants.

Prix : 850 francs franco contre mandat-carte.

ANIC MAYO, 64, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine. Métro : Sablons. Vente directe exclusivement.

RADIO et DESSIN INDUSTRIEL Cours par correspondance.

Diplômes officiels.

Si vous savez écrire avec soin, vous pouvez devenir dessinateur industriel grâce à notre méthode rationnelle et pratique.

Êtes-vous tenté par la Radio ?
Devenez spécialiste.



vous aurez un métier lucratif. Mais adressez-vous à une maison sérieuse.

L'INSTITUT TECHNIQUE SUPÉRIEUR (Sect. 4), 24, rue Jouffroy, Paris (17^e), vous offre toutes garanties avec ses techniciens éprouvés et sa direction assurée par le général qui mit sur pied l'Ecole Supérieure de Guerre Aérienne.

SOIGNEZ VOTRE STYLE

Savoir bien rédiger est une condition essentielle de réussite, non seulement dans la Presse et l'illustration, mais dans l'Administration, les Affaires, la Publicité.

Vous qui avez toujours eu le goût d'écrire, qu'attendez-vous pour devenir reporters, journalistes, romanciers ?

Ingénieurs, techniciens, rédacteurs, employés ou chefs d'atelier, vous avez besoin de mettre de la précision, de la chaleur, de la vigueur, dans vos rapports, vos mémoires, vos lettres, vos articles techniques.

L'ÉCOLE A. B. C. de RÉDACTION vient de créer à votre intention des branches de spécialisation toutes nouvelles parmi lesquelles vous pouvez choisir celle qui correspond à vos besoins ou à vos projets :

ROMAN, NOUVELLE, CONTE, POÉSIE, COMPOSITION THÉÂTRALE, SCÉNARIO, JOURNALISME, ART DE PARLER, RÉDACTION PUBLICITAIRE, COURRIER COMMERCIAL.

Renseignez-vous et demandez la brochure « L'Art d'écrire », offerte gratuitement, vous y trouverez une documentation très complète sur l'École A. B. C. et sa méthode éprouvée. (Joindre 9 fr. pour frais d'envoi.) ÉCOLE A. B. C. (RÉDACTION O. 1) 12, rue Lincoln, PARIS (VIII^e).

EFFICIENCY

Through Practicalness Knowledge.

Sans déranger vos occupations habituelles, devenez rapidement et à coup sûr un technicien et un praticien « à la page », mettez à jour vos connaissances, par l'enseignement ultra-moderne de l'ÉCOLE des TECHNIQUES NOUVELLES (Aviation, Automobile, Radio), 65-67, Champs-Élysées, Paris, la seule école de langue française ayant adapté aux isolés les méthodes alliées d'enseignement technique rapide. Documentation B-6 contre 9 francs en timbres. Filiales en Belgique et en Suisse.

Petite publicité, mais grande qualité.

LA MACHINE A GRAVER " GRAVIT "



Les Établissements VITOUX 42, rue de la Paix, à Troyes (Aube), Fabricants des Machines à Remailler « Vitos », utilisées dans le monde entier, viennent de présenter une Machine à Graver « GRAVIT ».

Cette machine, d'une rare perfection technique, apporte aux industriels et aux graveurs un outil remarquable par la rapidité, le fini de son travail et la simplicité de son emploi.

Sa cadence de frappe de 8.000 coups à la minute donne un trait continu extrêmement fin.

La machine peut travailler sur cuivre, zinc, aluminium, bois, matières plastiques, etc...

Elle permet d'établir rapidement des plaques d'identité, plaques de bicyclette, bagues, etc...

Son emploi se prête à des développements industriels presque illimités. Sa manœuvre, très simple, ne nécessite aucun apprentissage.

Avec « GRAVIT » vous gravez aussi rapidement et aussi facilement que vous écrivez.

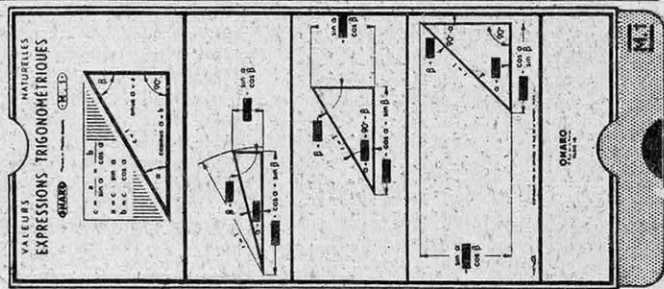
T. S. F.

Qualité « LABEL ». Garantie deux ans. Vente directe sans intermédiaire. Au comptant : à partir de 7 935 francs. A crédit : Grands supers à partir de 965 francs par mois. Expédition rapide dans toute la France. Catalogue et conditions envoyés gratuitement. Sans engagement de votre part.

TELESON RADIO

Service Province E, 33, avenue Friedland, PARIS (8^e).

CURSEUR OMARO MODÈLE M 1 : 75 fr. EXPRESSIONS TRIGONOMÉTRIQUES



PROBLÈME POSÉ : LECTURE DIRECTE DE SA SOLUTION
Les curseurs OMARO sont des règles à barèmes ou à calcul à lecture objective. De nombreux modèles concernant l'industrie, les mathématiques ont été réalisés. Plus de 25 modèles OMARO, 13, rue de la Nation, PARIS (XVII^e). - (MONTmartre 21.65.)

LOCAFILM

offre au public une collection très variée de films PATHE-BABY 9,5 mm. Son organisation permet de répondre aux désirs des patronages, écoles et des familles.

Suivant disponibilités : vente de caméras, projecteurs, jouets scientifiques, appareils photos. Notice SG sur demande. — LOCAFILM, 64, rue Turbigo, Paris. Arch. 77-09.

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.

LA RADIOÉLECTRICITÉ RÉVOLUTIONNERA LA VIE MODERNE, ELLE VOUS PERMETTRA DE GAGNER D'AVANTAGE

Sans abandonner vos occupations ni votre domicile et en consacrant seulement une heure de vos loisirs par jour, vous pouvez vous créer une situation

enviable, stable et très rémunératrice. Il vous suffit de suivre notre méthode facile et attrayante d'enseignement par correspondance comportant des travaux pratiques sérieux. Aucune connaissance spéciale n'est de-



mandée. Vous deviendrez ainsi facilement et rapidement radiotechnicien diplômé, artisan patenté, spécialiste militaire, chef-monteur industriel et rural. Nous avons été les premiers à fournir à nos élèves du matériel électro-mécanique en réduction et TOUT le matériel de T. S. F. leur permettant de construire, sous notre direction, deux postes récepteurs COMPLETS en ordre de marche, sur courant alternatif ou courant continu, super-hétérodynes 6 lampes, d'un fonctionnement parfait, grâce à notre méthode américaine jamais égalée qui nous permet, grâce à sa simplicité, de conduire 95 % de nos élèves vers le succès en un temps record.

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

L'INSTITUT NATIONAL D'ÉLECTRICITÉ ET DE RADIO
3, rue Laffitte, à Paris (IX^e).

MÉTHODE NOUVELLE

Grâce au MENTOR D'ANGLAIS

Vous lirez couramment l'Anglais facilement et rapidement.

Brevets français et étrangers.

Un volume : 300 francs.

Chez tous les libraires, ou écrire :

Mentor SV, 6, avenue Odette, Nogent-sur-Marne (Seine).

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 techniciens et mécaniciens de premier ordre.

— Préparation au service militaire dans l'armée motorisée ;

— Conduite, entretien et dépannage de tracteurs agricoles ;

— Autorails, chemin 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.

DEVENEZ VITE COMPTABLE

C'est une profession de mieux en mieux payée. Partout, vous trouverez à travailler, car toutes les affaires emploient des comptables. En six mois, avec la sympathique méthode d'enseignement Caténale, vous gagnerez confortablement votre vie dans cette branche.

Demandez la documentation gratuite n° 1569. Ne pas joindre de timbres. École Française de Comptabilité, 91, av. République, Paris.

DOUBLEZ LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE DE VOTRE COMPTEUR

Le chauffage domestique, celui des bureaux, des cabinets de travail, n'est effectif que pendant le jour.

Or, par suite

de la pénurie des compteurs, beaucoup d'usagers ne peuvent obtenir des secteurs les augmentations de puissance nécessaire à un chauffage plus efficace.

Nous attirons donc l'attention sur les possibilités du chauffage mixte NORDIA, qui, combinant l'utilisation des radiateurs à accumulation et des radiateurs à chauffage direct, permet de doubler la puissance de chauffage du compteur.



Coupe d'un élément NORDIA à accumulation.

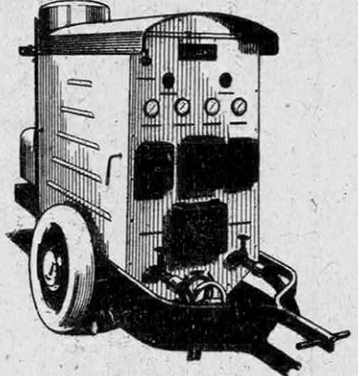
En effet, les radiateurs à accumulation NORDIA, composés d'éléments de 1 000, 1 500 ou 1 800 watts juxtaposables, brûlent le courant de nuit, emmagasinant la chaleur qu'ils restituent pendant le jour. Les radiateurs à chauffage direct, composés d'éléments en fonte de 500 watts juxtaposables, doublent les possibilités de chauffage en brûlant le courant de jour. Nos radiateurs sont brevetés, garantis 3 et 5 ans et d'un rendement calorifique élevé.

Renseignements et prix sur demande :
NORDIA, ATELIER 30

4, cité Griset, PARIS (11^e). — OBERKAMPF 10-27.

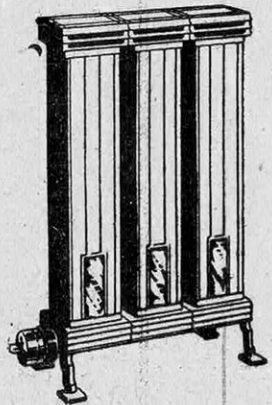
ÉPURATION DES HUILES DE TRANSFORMATEURS

L'huile utilisée dans les transformateurs s'oxyde rapidement au contact de l'air et se charge de particules d'eau, d'où la nécessité de l'épurer et de la déshydrater. Jusqu'à présent, aucun appareil mobile ne se trouvait dans le commerce.



Le SOFRANCE ÉLECTRIQUE réunit toutes ces qualités. Par une filtration au 1/20 de micron, il élimine toutes impuretés de l'huile et, par une déshydratation faisant suite à la filtration, il supprime toutes traces d'eau, ramenant ainsi l'huile à sa rigidité diélectrique première. Il travaille entièrement à l'abri de l'air et ne nécessite pas l'arrêt des transformateurs.

Grâce à cet appareil, toute société peut, pour un prix minime, épurer fréquemment l'huile de ses transformateurs, évitant ainsi le décuage et laissant les connexions internes sans traces d'oxyde pendant de nombreuses années (documentation sur demande). SOFRANCE, 1, boulevard sur de Fleurus, LIMOGES (Haute-Vienne).



3 éléments NORDIA à chauffage direct.



Apprenez chez vous le Dessin ET LA PEINTURE



Très joli croquis à la plume traité largement et bien équilibré de notre élève, R. H., de Strasbourg, dès le début de ses cours.

Excellente étude à l'aquarelle de notre élève M. J. L., de Sarlat, qui déjà a la valeur d'un professionnel.



Si vous voulez devenir un artiste à votre tour, connaître les joies incomparables du dessinateur et du peintre, améliorer votre situation pécuniaire, **VIVRE** vraiment, vous le pouvez désormais, grâce aux secrets qui vous seront révélés par l'extraordinaire méthode **Voir, Comparer, Traduire**, de l'**ÉCOLE INTERNATIONALE**. En quelques mois, vous apprendrez à dessiner et à peindre, **chez vous**, sans rien changer à vos occupations habituelles et pour une dépense à la portée de tous.

Réclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'**ÉCOLE INTERNATIONALE** (Service SV. 72), Principauté de Monaco. Joignez simplement à votre demande vos noms et adresse, ainsi que 10 francs, à votre gré, pour frais de poste.



Croquis rapide mais très expressif de l'un de nos élèves à son troisième cours.

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° 32060. CLASSES SECONDAIRES COMPLÈTES : Baccalauréats. | N° 32070. DUNAMIS (Culture mentale). |
| N° 32061. CLASSES PRIMAIRES COMPLÈTES : Brevets. | N° 32071. PHONOPOLYLOTTE (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol). |
| N° 32062. ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licence ès Lettres. | N° 32072. DESSIN ARTISTIQUE. |
| N° 32063. COURS D'ORTHOGRAPHE. | N° 32073. COURS D'ÉLOQUENCE. |
| N° 32064. COURS DE RÉDACTION. | N° 32074. COURS DE POÉSIE. |
| N° 32065. FORMATION SCIENTIFIQUE : (Math., Phys., Chimie). | N° 32075. FORMATION MUSICALE. |
| N° 32066. DESSIN INDUSTRIEL. | N° 32076. INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES. |
| N° 32067. INDUSTRIE : Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 32077. COURS DE PUBLICITÉ. |
| N° 32068. RADIO, CERTIFICATS DE RADIO DE BORD (1 ^{re} et 2 ^e classes). | N° 32078. CARRIÈRES DES P. T. T. et des TRAVAUX PUBLICS. |
| N° 32069. COMMERCE ET COMPTABILITÉ : Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 32079. ÉCOLES D'INFIRMIÈRES et ASSISTANTES SOCIALES, ÉCOLES VÉTÉRINAIRES. |

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Malletterre, PARIS (16^e).

Qu'est-ce qu'un CHEF ?

Le véritable chef n'est pas forcément celui qui **commande**, mais c'est toujours celui qui **s'impose**.

Quels sont donc les moyens qui permettent ainsi de dominer autrui, quelquefois même à son insu ?

La compétence ? Le savoir-faire ? Sans doute, à condition d'être mis en valeur par les qualités de caractère.

Les connaissances les plus étendues demeurent stériles si elles ne sont pas appliquées par la volonté, servies par la mémoire, soutenues par l'autorité et animées par l'initiative et le zèle au travail, enfin dirigées par un jugement sain.

Vous acquerez cette maîtrise qui fera sûrement de vous un chef, par la pratique d'une méthode que cinquante-six ans d'expérience ont rendue infallible.

Demandez la documentation n° VI-22.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

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



TOUS LES JEUNES GARÇONS et FILLES

Sans quitter vos occupations, devenez

RADIO-TECHNICIENS

ou

DESSINATEURS INDUSTRIELS

en suivant les cours de

l'École Spéciale des Techniques Modernes

14, rue Volta, TOULOUSE

I. — **La RADIO** ouvre de belles situations dans l'Industrie et l'Artisanat, l'Administration, l'Armée, l'Aviation.

Enseignement pré militaire Radio approuvé par le Ministère de l'Air.

Stages pratiques dans une École Radio de l'Aviation Militaire.

II. — **Le DESSIN** conduit à toutes les branches d'activité : industrie, constructions, urbanisme, topographie, etc. Nombreuses et bonnes situations assurées en France et dans les territoires de l'Union Française.

Pour tous renseignements, écrire au Directeur de l'École. (Spécifier la branche choisie.)

Une Situation d'avenir en étudiant chez soi

DESSIN INDUSTRIEL RADIO

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

Préparation aux diplômes de :
DESSINATEUR CALQUEUR
DESSINATEUR DÉTAILLANT
DESSINATEUR PROJETEUR
C. A. P.
BACCALAURÉATS TECHNIQUES
... des carrières séduisantes et bien rémunérées

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

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

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

DOCUMENTATION GRATUITE
SPÉCIFIER LA BRANCHE CHOISIE

INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE 11, RUE CHALGRIN - PARIS (16^e)

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

DEVENEZ REPORTER

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES, etc

OU

CORRESPONDANT DE PRESSE

EN SUIVANT NOTRE COURS
DE JOURNALISME

SI VOUS AIMEZ

LE DESSIN LE CROQUIS

SUIVEZ NOTRE COURS DE
CARICATURISTE

Méthode nouvelle de

René MANDEROY

DESSIN PUBLICITAIRE, MODE et ARTS, CINÉMA

TOUS CES COURS PEUVENT
ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER
VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

COURS PAR CORRESPONDANCE
SITUATIONS D'AVENIR INDÉPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits
adressez 6 frs en timbres pour frais d'envoi

ÉCOLE TECHNIQUE
DE REPORTAGE
8, boulevard Michelet
TOULOUSE

Anglais Espagnol Allemand Russe

en un « *temps record* »

Il faut savoir parler anglais. Ce qui semblait autrefois utile à une élite est devenu une obligation pour tous : employés, commerçants, courtiers, industriels, techniciens, hôteliers. Demain, vous pouvez aller en Angleterre et en Amérique pour vos affaires : comment réussir si vous ne parlez pas l'anglais ?

Demain, le tourisme et le commerce du monde entier passeront par la France, véritable porte d'entrée de l'Europe. Comment accueillir ces voyageurs si vous ne parlez pas leur langue ?

Si vous parlez l'anglais, vous gagnerez bien mieux votre vie, vous accéderez aux postes les plus intéressants, toutes les carrières vous seront ouvertes.

VOUS POUVEZ TRÈS VITE PARLER COURAMMENT

« Parler » ne veut pas dire savoir échanger quelques mots, mais tenir sa place dans toutes les conversations : comprendre son interlocuteur, lui répondre correctement, parler vraiment l'anglais comme un Anglais. Vous obtiendrez ce résultat rapidement et facilement par la Méthode Linguaphone, méthode phonétique avant tout, qui vous familiarisera sans peine avec l'intonation et les sonorités de la langue. Votre prononciation sera parfaite.

Linguaphone vous fera parler l'anglais ou toute autre langue couramment en quelques mois.

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

Écrivez sans tarder : cette brochure vous sera envoyée par retour, gratuitement et sans engagement de votre part. Vous y trouverez une documentation complète sur cette merveilleuse méthode et les conditions pour faire un essai gratuit chez vous. (Joindre 9 francs. pour frais.)

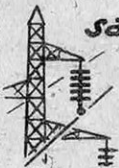
LINGUAPHONE
(Dépt. 30), 12, rue Lincoln, PARIS (8^e)

APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

sans connaître les mathématiques!



TOUS les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères sont étudiés dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale. Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle. Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, radio-électriciens, mécaniciens, vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

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

BON 78 D

COURS PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ

222, Bd. Péreire - Paris 17^e

BONS DE LA LIBÉRATION
à intérêt progressif

TROY

Zeaner

RADIO-MONTAGE * LEÇON N° 6
CINÉMA * LEÇON N° 2
TÉLÉVISION * LEÇON N° 3
RADIO-DÉPANNAGE * LEÇON N° 7
ÉLECTRICITÉ * LEÇON N° 1
ÉCLAIRAGISME * LEÇON N° 5
MOTEUR * LEÇON N° 8

★ **UN LABORATOIRE** sur votre TABLE!

VOUS qui désirez améliorer votre situation, créer une affaire sans quitter vos occupations, confiez votre avenir à des ingénieurs spécialisés. — Certificat de fin d'études - Préparation aux carrières d'État.

- **RADIOTECHNICIEN** •
- 45 leçons modernes sur la Radio - la Télévision - le Cinéma - Dépannage et Construction, et 150 pièces contrôlées pour les montages pratiques.

• **ÉLECTROTECHNICIEN** •

- 45 leçons claires et simples sur les installations - Tous les calculs pratiques d'électricité et les 4 coffrets de montage des moteurs.

Apprenez un métier passionnant et qui paie...

• RADIO •
• TÉLÉVISION •
• ÉLECTRICITÉ •
• CINÉMA •

INSTITUT ELECTRO-RADIO
8 rue de Téhéran

• NOM _____

• ADRESSE _____

Demandez tout de suite, contre 10 Fr. (en découvrant ou recopiant ce bon) notre Album SY "La Radio et ses applications, métiers d'avenir".



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 des 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 ET ARTISTIQUES

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

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

152, Avenue de Wagram, PARIS (17^e)

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, Dessinateur Sous-Ingénieur et Ingénieur.

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 Écoles Nationales de la Marine marchande. Préparation au brevet d'officier mécanicien de deuxième classe.

MARINE MILITAIRE

Préparation aux Écoles de Maistrance et d'Élèves Ingénieurs Mécaniciens.

T. S. F.

Préparation aux carrières de la Radio : P. T. T., Aviation, Marine, Colonies, Défense du territoire, Construction industrielle, Dépannage, Télévision, Cinéma.

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

STEPHENS'
*Le plus haut en
Qualité*



STYLO
Stephens'

COMPAGNIE DES ENCRE
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 2.628.000 FRANCS
37, RUE DEGUINGAND
LEVALLOIS-PERRET
(SEINE)

USINE A GRENOBLE
AVENUE DU GRAND CHATELET
GRENOBLE
(ISERE)