

# SCIENCE ET VIE

OCTOBRE 1947

N° 361

30 FRANCS



*Bob Conka*

Bénéficier...

toute votre vie du renom d'une  
Grande Ecole Technique

Devenir...

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

En suivant...

les cours de l'



# ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR  
OU PAR CORRESPONDANCE

*Demander le Guide des Carrières gratuit*

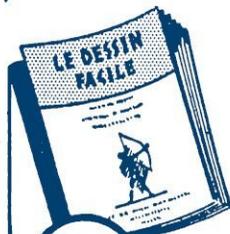
## Je dessine! et me voilà plongée dans la joie...

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

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

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

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



**BON  
SV 9**

## LE DESSIN FACILE

11, RUE KEPPLER, PARIS-16<sup>e</sup>

## LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'École du « Dessin facile ». Outre les principes du dessin industriel, l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemins de fer, électricité, aviation, etc.

Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la notice-programme SV-8 (Section dessin industriel) au

**DESSIN FACILE**

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

# Mécano

LE TECHNICIEN DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE  
étudiera pour vous l'utilisation efficace des plus  
faibles attributions de courant d'heures creuses

Sa dernière création

L'Accumulateur de chaleur

"MULTICELLULAIRE"  
MECANO

Breveté S. G. D. G.

d'un rendement  
inégalé de 85%



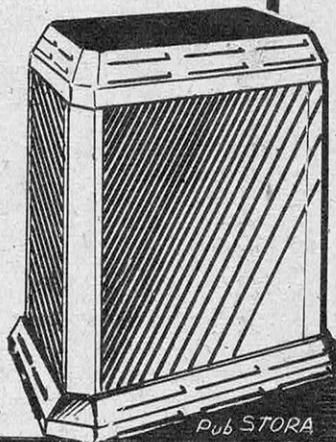
Radiateur Portatif

vous fournira à tout moment  
la chaleur qui vous est nécessaire

Demandez le questionnaire D à la

Sté MÉCANO FRANÇAISE, 104, av. des Champs-Élysées

Poêle à accumulation



Pub STORA



d'après  
REB

**Ax3**

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<sup>®</sup> S. G. D. G. *Corrector*



Exigez bien un pot

# ADHÉSINE

la triple colle blanche parfumée

## Pour les études de vos enfants, pour vos propres études, n'hésitez pas à recourir à l'enseignement par correspondance de **L'ÉCOLE UNIVERSELLE**

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

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

- Br. 30.640 : ENSEIGNEMENT PRIMAIRE :** Classes complètes ; préparation au C. E. P., Bourses, Brevets, etc.
- Br. 30.641 : ENSEIGNEMENT SECONDAIRE :** Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.
- Br. 30.642 : ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :** Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.
- Br. 30.643 : GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.**
- Br. 30.644 : POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE :** Administrations financières, P. T. T., École nationale d'Administration.
- Br. 30.645 : CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.**
- Br. 30.646 : CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.**
- Br. 30.647 : COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc...** Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- Br. 30.648 : ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.**
- Br. 30.649 : LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...**
- Br. 30.650 : CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.**
- Br. 30.651 : CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.**
- Br. 30.652 : CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).**
- Br. 30.653 : CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, Bibliothèque, etc...).**
- Br. 30.654 : ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.**
- Br. 30.655 : ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc...**
- Br. 30.656 : COUTURE, COUPE, MODE, LINGERIE, etc...**
- Br. 30.657 : ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.**
- Br. 30.658 : CARRIÈRES DU CINÉMA.**

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

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

la plus importante du monde

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

## CIERPA-BESANÇON

A REPRIS SES  
FABRICATIONS DE  
HAUTE PRÉCISION

*Le dernier cri de la perfection*  
**L'ÉTANCHE A VIS**

CADRAN  
LUXE  
RADIUM



Prix du  
Modèle  
**2.32**  
Net franco  
**2.917 Frs**

**2.328 F.**

**20%**  
au dessous des cours sur  
les 1.000 premières montres

MOUVEMENT HAUTE PRÉCISION  
A ANCRE 15 RUBIS  
ABSOLUMENT HERMETIQUE  
Bracelet cuir véritable  
envoi contre remboursement  
ou mandat joint aux C<sup>des</sup>

LES DIFFUSIONS

**CIERPA**

69, RUE ROCHECHOUART.  
PARIS - 9<sup>e</sup>.

Votre visite sera la bien venue

## 9 GAMMES

RÉCEPTEUR MÉTROPOLITAIN ET  
COLONIAL 9 LAMPES  
PUSH PULL



Dim. 62 x 38 x 33 cm

**6 BANDES ONDES COURTES ÉTALÉES**  
19 circuits accordés. Cerveau électronique  
HAUTE FIDÉLITÉ et RELIEF MUSICAL

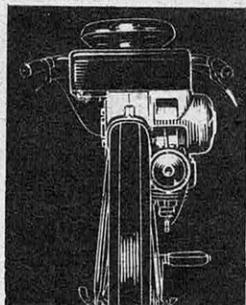
**PLUS DE 200 STATIONS REÇUES**

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

## RADIO-SÉBASTOPOL

100, Bd SÉBASTOPOL, PARIS

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



## UN *vrai* MOTEUR POUR VÉLO

créé par Eugène GADOUX  
(ex-technicien d'Hispano-Suiza)

Montage arrière sur pneu,  
moteur inversé, se fixe  
instantanément, en mono  
ou bi-cylindre, sans effort  
sur le cadre.

Evitez le pédalage en côte.

Licences accordées à l'étranger.

Demandez Notice C

**MOTEURS**

**CYCLEX**

5, Square du Thimerais - PARIS-8<sup>e</sup>

R. L. D.

A. 10



...branché sur votre robinet à gaz ou sur une  
source d'acétylène, et

### LE CHALUMEAU BRANDT

breveté S. G. D. G. — Licence Schäfer

Suffisent pour braser et souder  
à basse température

**SANS AIR COMPRIMÉ**

**SANS OXYGÈNE**

TOUS MODÈLES DISPONIBLES

En vente chez les quincailliers et  
spécialistes en fournitures industrielles

Pour documentation et vente en gros, s'adresser :

Établissements EDGAR BRANDT

52, Champs-Élysées — PARIS (8<sup>e</sup>)

— Téléphone : ELYsées 18-87 - BALzac 36-26 —

# Dessiner et écrire

AVEC UNE  
DES QUATRE PRÉSENTATIONS

## AIRMAIL



- LE PREMIER stylo à bille  
mondial en 3 COULEURS



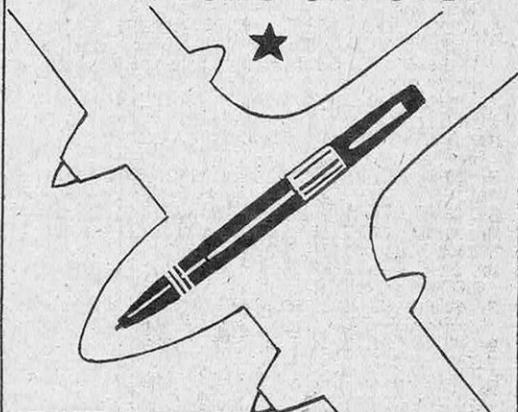
- LE PREMIER porte-mine  
4 COULEURS en matière plastique  
à rappel automatique de mines



- LE PREMIER stylo à bille  
à GRANDE RESERVE d'encre spéciale  
résistant à tous les réactifs, même à l'eau régale



- LE PREMIER stylo français  
à PLUME CAPOTÉE



## AIRMAIL

33, R. CAMBON • OPERA 72-89 • PARIS

# DESSINER

## c'est tellement SIMPLE !



*Croquis à la plume par un de nos élèves.*

**UTILISEZ VOS LOISIRS POUR APPRENDRE...**

Mais ils ont compris. Par bonheur, ils ont entendu parler de ce merveilleux moyen pour apprendre par correspondance le dessin et la peinture dans un délai extraordinairement court. Ils se sont renseignés sur la méthode A. B. C. Ils ont été stupéfaits de constater combien c'était facile de dessiner avec cet ingénieux procédé.

Résultat : plus de 120 000 élèves, hommes et femmes, ont appliqué cette méthode et maintenant, partout dans le monde, de nouveaux artistes tirent parti de leur art pour leur plus grande satisfaction et profit.

Vous aussi, vous pouvez en faire autant dès aujourd'hui ! Même si vous n'avez jamais dessiné, même si vous ne possédez pas d'aptitudes spéciales.

**NOUVELLE BROCHURE GRATUITE**

sur demande. — Spécifiez « Adultes » ou « Enfants ». (Joindre 12 francs pour frais.)

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

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN** (Stu. C. 92)

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

Veuillez m'envoyer, sans engagement de ma part, votre album illustré donnant tous renseignements sur la méthode A. B. C. (Joindre 12 francs pour frais.)

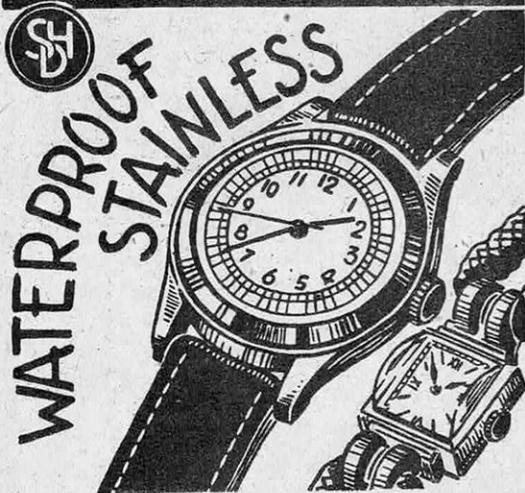
Nom .....

Adresse .....

Et surtout écrivez-nous avec détails, nous répondrons à vos questions.

Pour la Belgique : 18, rue du Méridien, Bruxelles

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



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

**CATALOGUE N° 25 SUR DEMANDE**

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

**SPECIAL CAMPING**  
16.8<sup>e</sup> VOLTAIRE PARIS  
MARSEILLE  
11. COURS LIEUTAUD  
RENNES  
17, RUE MARÉCQ-JOFFRE

TARIF "S" VÊTEMENTS ou CAMPING 10 Fr.

COLAS-PUBLI

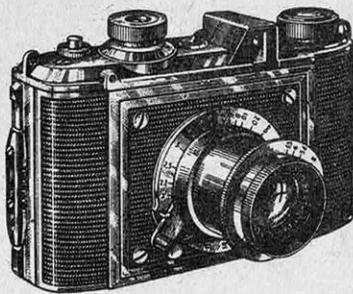


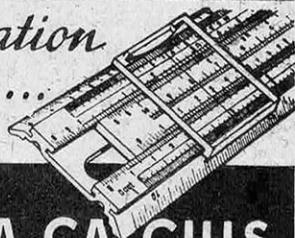
PHOTO  
CINÉ  
RADIO

**PHOTO-HALL**

**5, RUE SCRIBE, PARIS 9<sup>e</sup>**

Catalogue T - 10 frs Fco

*une innovation  
technique...*



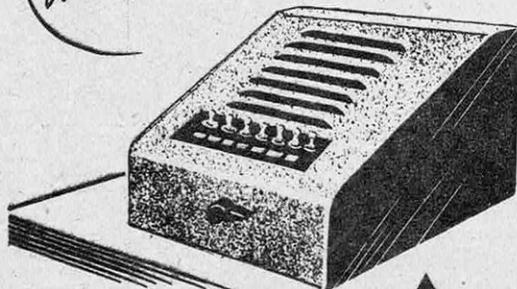
**RÈGLE A CALCULS**  
*métallique*  
**MAURICE DAMIEN**

Réalisation de haute précision au moyen de profilés en aluminium traité par les procédés **Alumilite** et d'une graduation directe dans le métal par le procédé **Séofoto**

**LÉGÈRE ET JUSTE**

CHEZ VOTRE LIBRAIRE ET OPTICIEN  
OU SOCIÉTÉ PHOTAL

39, Rue des Mathurins - PARIS (8<sup>e</sup>)  
Téléph. Anjou 87-22



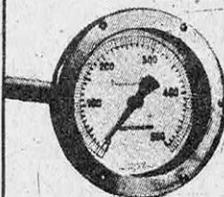
**INTERVOX**

TELEPHONE IDEAL EN HAUT PARLEUR  
INTERCOMMUNICATION TOTALE



135. Av du GEN<sup>AL</sup> MICHEL-BIZOT-PARIS 12<sup>e</sup>  
6. Rue Victor-Chevreuil Tel. DID. 03-92

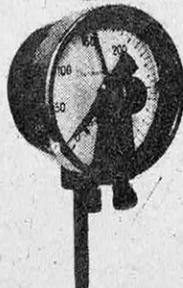
**THERMOMÈTRE INDUSTRIEL**



Appareil robuste, insensible aux chocs et aux vibrations.

Étanche aux gaz et aux liquides.

**THERMOSTAT**



Muni de contacts électriques réglables sur toute l'échelle de graduation.

Fonctionne sous tous courants.

RÉGULATEUR-INDICATEUR

**GALTIER ET C<sup>IE</sup>**

20, rue de La Condamine, PARIS (17<sup>e</sup>)

Tél. : MAR. 55-47

303



LE 23 AOÛT 1938  
STYLOMINE A FAIT BREVETER  
**LA PLUME CAPOTÉE**

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

Le 303 à grande capacité est toujours prêt à écrire.

**TOUJOURS AMORCÉ**



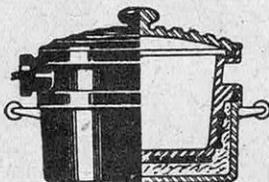
**STYLOMINE**



**LE FAIT TOUT**  
*électrique*  
**NORDIA**

**UNE RÉVOLUTION DANS LA CUISINE A L'ÉLECTRICITÉ**

L'idée du mono-ustensile électrique est la formule de demain : elle permet une économie de moitié à l'achat du matériel et de 40 % sur la consommation de courant, par la suppression des pertes de chaleur dues à la radiation.



**DESCRIPTION**

Composé d'un corps en aluminium fondu épais et d'un soubassement calorifugé, le FAIT-TOUT électrique NORDIA comporte dans sa double paroi un corps chauffant donnant une température également répartie sur le fond et les flancs. Il est muni d'un couvercle formant joint, si besoin est.

● Réglage : Trois allures.  
● Capacité : 4, 6 ou 10 litres.  
● Garantie : trois années.

- Réglage : Trois allures.
- Capacité : 4, 6 ou 10 litres.
- Garantie : trois années.

Renseignements et prix sur demande

**NORDIA**

ATELIER 30  
4, CITE GRISET, PARIS, XI<sup>e</sup>  
OBERKAMPF 10-27

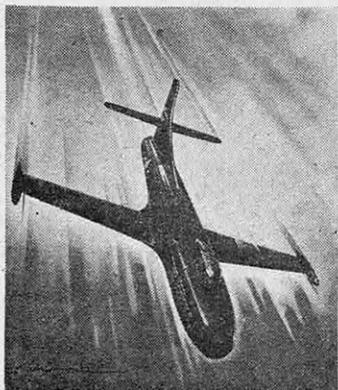
# SCIENCE ET VIE

Tome LXXII - N° 361

Octobre 1947

## SOMMAIRE

- ★ Les avions américains à réaction, par Y. Marchand..... 162
- ★ Au delà de l'uranium, par M.-E. Nahmias..... 173
- ★ Comment notre corps maintient ses équilibres vitaux, par D. Diaz ..... 181
- ★ Le tir à grande distance en combat aérien, par Camille Rougeron ..... 189
- ★ L'aérodynamique automobile est-elle capable de progrès ? par Jean Bonnet ..... 197
- ★ Postes de radio miniatures, par Jean Castellan..... 206
- ★ A côté de la science, par V. Rubor ..... 208

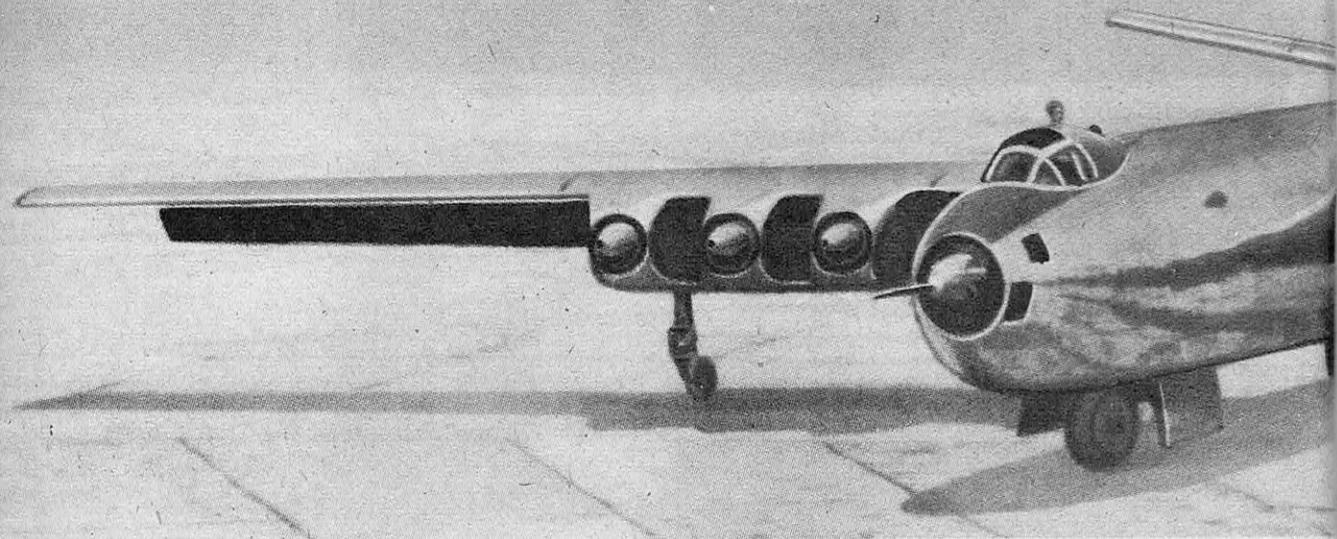


Au voisinage de la vitesse du son (1 200 km/h), les forces aérodynamiques se modifient complètement. Déjà pour les avions actuels les plus rapides (1 000 km/h), la transformation est sensible. Tandis que la résistance de l'air prend des valeurs énormes, la portance des ailes de profil classique diminue et les gouvernes peuvent devenir ainsi inefficaces. Les avions supersoniques de l'avenir différeront profondément des appareils d'aujourd'hui, et, si les moteurs qui doivent les propulser sont déjà réalisés ou assez bien connus, l'incertitude règne encore sur les formes qu'il convient de donner à leurs cellules. Les États-Unis, qui détiennent depuis peu le record absolu de vitesse pure, construisent une série d'avions expérimentaux destinés à l'exploration du domaine des vitesses transsoniques et supersoniques. La couverture de ce numéro représente un de ces appareils, le Douglas 558 « Skystreak » qui, en août dernier, a atteint les vitesses de 1 031 et 1 047 km/h au-dessus de la base de Muroc Dry Lake, en Californie. (Voir l'article p. 162 de ce numéro.)

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne.  
Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII<sup>e</sup>). Téléphone : Elysées 28-89 et Balzac 02-97.  
Publicité : 24, rue Chauchat, Paris (IX<sup>e</sup>). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris.  
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.  
Copyright by « Science et Vie », Octobre mil neuf cent quarante-sept.

**ABONNEMENTS.** — Affranchissement simple : France et Colonies, 300 francs ;  
recommandé : 400 francs. — Étranger : 450 francs ; recommandé, 600 francs.  
Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.  
Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

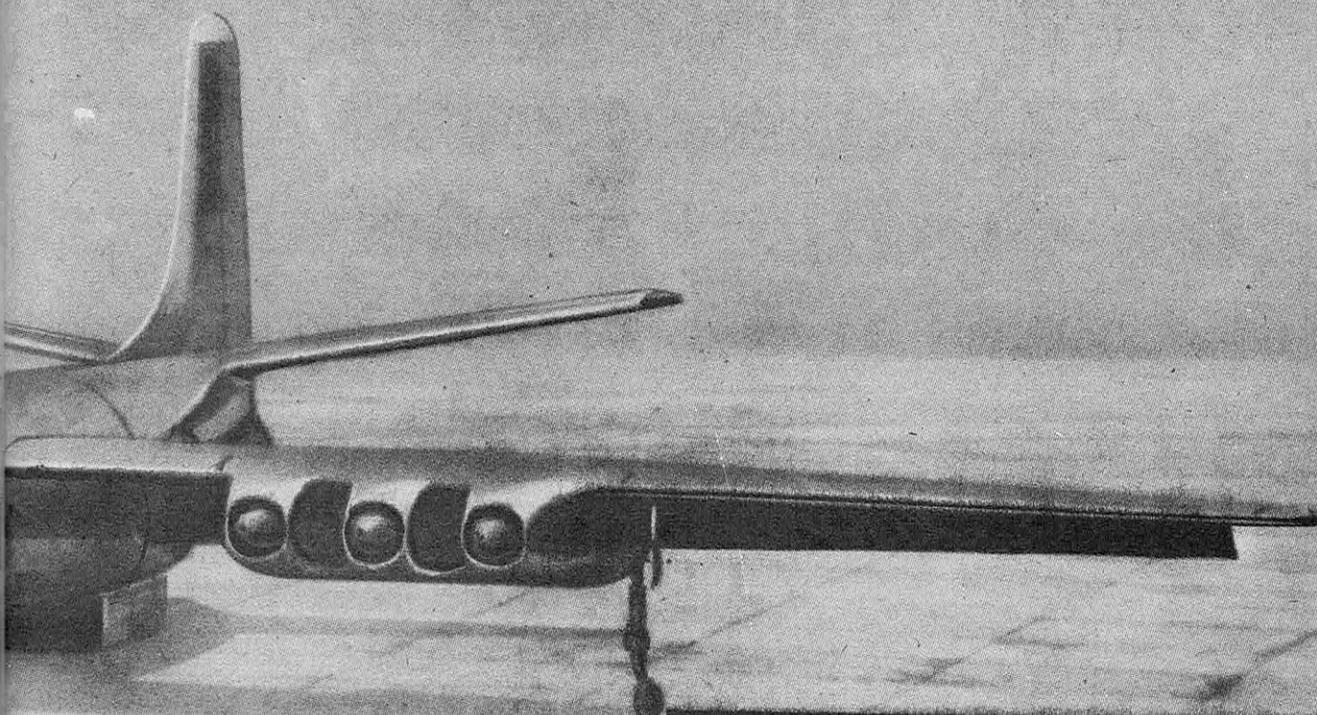
Tout changement d'adresse doit être accompagné de 10 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.



## LES AVIONS AMÉRICAINS A RÉACTION

par Y. MARCHAND

*Le premier vol sur avion à réaction remonte à 1929. Fritz von Opel, expérimentant avec des fusées, parvint à décoller pour, quelque 2 000 m plus loin, écraser son appareil au sol. Aussi semble-t-il plus rationnel de fixer les débuts de l'aviation à réaction d'une part au vol gardé secret d'un Heinkel 178, en Allemagne, le 27 août 1939, et d'autre part à celui du Gloster E-28, en Angleterre, le 15 mai 1941 (1). La technique britannique, sous l'impulsion de Frank Whittle, devait rattraper rapidement ce retard de près de deux ans, et, dès l'apparition des V-1, les premières escadrilles de Gloster « Meteor » purent leur être opposées avec succès. Il est hors de doute que les techniciens anglais ont pris à cette époque une avance très nette sur leurs confrères américains, de sorte que le domaine de la propulsion par réaction appliquée à l'aviation est un des rares où la technique américaine n'occupe pas aujourd'hui encore la toute première place, en exceptant peut-être l'emploi de la fusée. Si deux ans après la guerre, les États-Unis accusent encore un retard sensible, ils s'emploient avec beaucoup d'énergie à le combler dans le domaine des turboréacteurs, tout en étudiant les autres modes de propulsion aux vitesses élevées : statoréacteur, fusée, et les cellules qui pourront, aux vitesses transsoniques et supersoniques, utiliser les énormes puissances que ces engins peuvent développer.*



**Le bombardier à réaction MARTIN XB-48 à six moteurs General Electric TG-180.**

**E**N 1944 apparurent sur le front les premiers avions à réaction : deux chasseurs allemands, le Heinkel 280 à deux turbo-réacteurs Heinkel He S-8 et le Messerschmitt Me-262 à deux turbo-réacteurs Junkers Jumo-004. La R. A. F. suivit de près avec le Gloster « Meteor » et le De Havilland « Vampire ». La vitesse des avions, qui plafonnait vers 750 km/h avec les chasseurs propulsés par hélice, allait faire un bond en avant et se rapprocher de la vitesse du son, que l'on espère dépasser dans un avenir plus ou moins proche.

Les États-Unis, nettement en retard dans ce domaine, ne purent utiliser aucun appareil propulsé par réaction avant la fin des hostilités, bien que le chasseur P-59 de la Bell Aircraft Corporation eût effectué son premier vol dès octobre 1942. Ce retard tient en partie à ce que l'industrie aéronautique américaine était restée plus longtemps axée sur les problèmes de l'aviation commerciale, et s'était surtout préoccupée de porter à un très haut degré de perfection des moteurs à explosions toujours plus puissants destinés aux gros avions de transport.

(1) En août 1940 se situe le premier vol de l'avion Campini-Caproni qu'il est difficile de considérer tout à fait comme un avion à réaction au sens habituel. Il était mû par un moteur de type classique, un Isotta-Fraschini de 900 ch, actionnant un ventilateur disposé dans une conduite d'air parcourant l'appareil de bout en bout. L'appareil volait dans ces conditions. Il était possible, en outre, de faire brûler du combustible dans la veine d'air près de l'orifice de sortie. Mais le faible supplément d'effort de propulsion ainsi obtenu par réaction était hors de proportion avec la consommation de combustible.

### **Les débuts de la propulsion à réaction aux États-Unis**

Les recherches allemandes et anglaises sur la propulsion à réaction sont bien antérieures à la guerre : dès janvier 1930, en Angleterre, Frank Whittle avait pris son premier brevet : en 1936, il fonda la Power Jets, Ltd., qui entreprit la construction de son premier turbo-réacteur lequel devait, quelques années plus tard, équiper l'avion expérimental Gloster E-28/39, précurseur du « Meteor ».

Durant un séjour qu'il fit en Angleterre en 1941, le général Arnold, commandant en chef de l'Aviation d'armée américaine, examina avec soin les réalisations de l'industrie britannique dans le domaine de la propulsion. Le prototype Gloster E-28/39 venait (en mai 1941) d'effectuer avec succès une série de vols totalisant une dizaine d'heures. Une telle performance n'alla pas sans impressionner le général qui décida de hâter l'exécution du programme américain d'avions à réaction entrepris très peu avant la guerre, avec près de cinq ans de retard, et beaucoup moins avancé que le programme anglais. Des accords furent passés avec la Grande-Bretagne autorisant les États-Unis à construire des réacteurs du type Whittle.

En septembre de la même année, les États-Unis entreprirent la construction immédiate des turbo-réacteurs ; la General Electric Company, spécialiste de longue date en turbo-compresseurs, fut désignée pour la construction du premier moteur, tandis que la Bell Aircraft Corporation acceptait de réaliser l'avion cor-

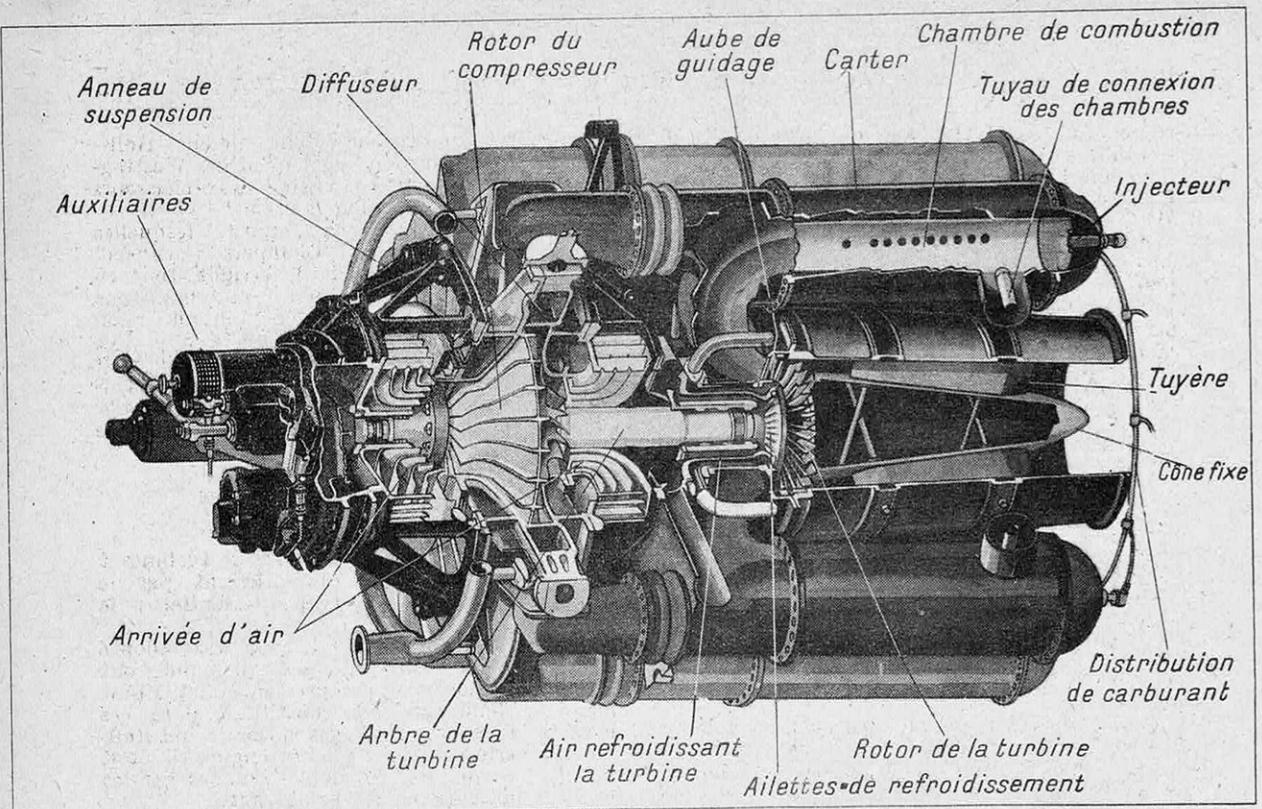


FIG. 1. — LE TURBORÉACTEUR GENERAL ELECTRIC I-16 (J-31 DANS L'AVIATION AMÉRICAINE)

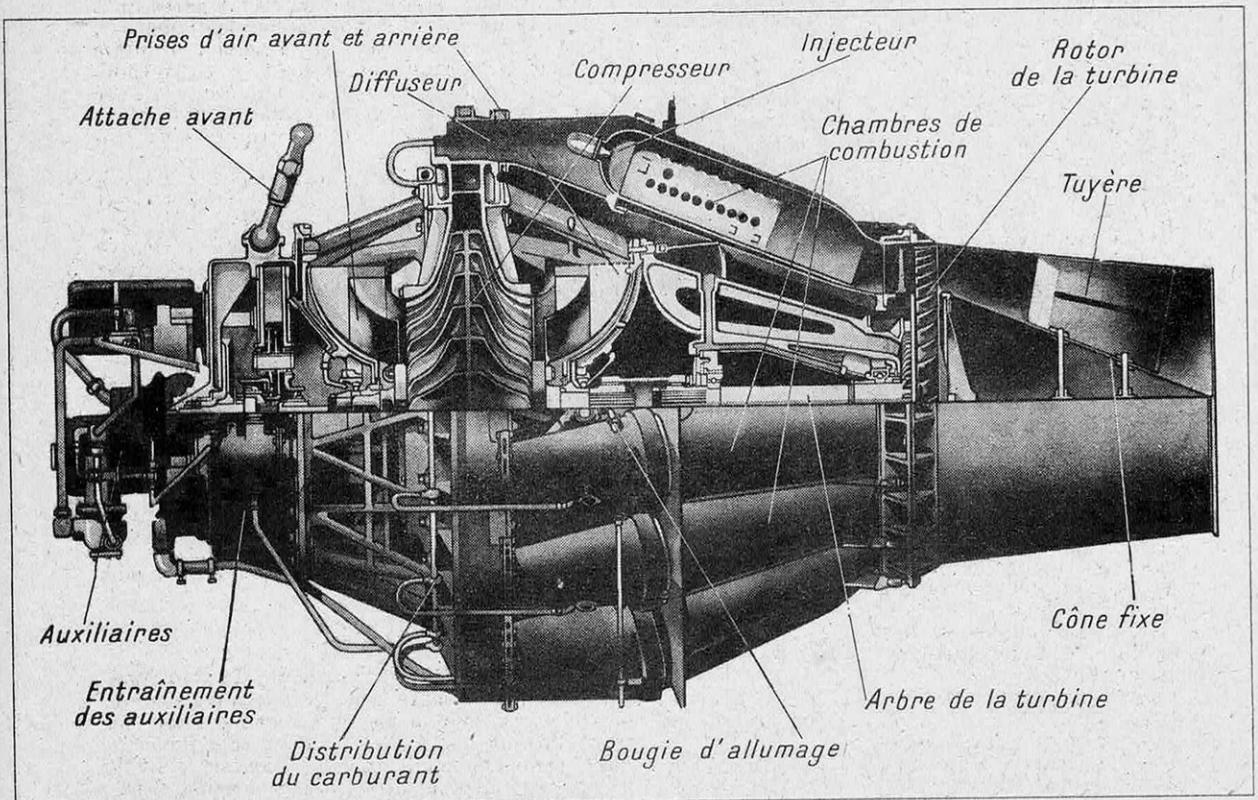


FIG. 2. — LE TURBORÉACTEUR GENERAL ELECTRIC I-40 (J-33 DANS L'AVIATION AMÉRICAINE)

respondant. Un travail de collaboration étroite s'établit entre les deux firmes qui menèrent dans un temps record les études demandées. Celles-ci aboutirent rapidement : en novembre 1941, les premières expériences sur le moteur Whittle amenèrent à la construction du type I-A; en mars 1942 eurent lieu les essais au banc du premier turboréacteur General Electric établi sur le même principe, mais avec de nombreuses modifications, et, le 1<sup>er</sup> octobre 1942 enfin, les premiers vols du Belf XP-59-A, propulsé par deux turboréacteurs GE I-A. Le problème complexe de la mise au point d'un avion à réaction avait été résolu en un an et trois semaines. Mais on était encore loin de la fabrication en série d'un appareil de première ligne.

Les résultats obtenus avec le type I-A incitèrent à des recherches plus poussées pour en améliorer les performances. Des études plus approfondies furent faites sur les alliages résistant à haute température, le système de refroidissement, la combustion, etc.; de nouveaux projets furent établis, qui aboutirent finalement au premier réacteur américain justifiant une construction de série : le General Electric I-16 (fig. 1), dont les essais au banc eurent lieu en avril 1943.

Ce n'était qu'un premier pas dans la voie de la propulsion à réaction, et l'Army Air Force voulait mieux. Elle fit donc étudier par la General Electric un nouveau moteur donnant une poussée au moins double de celle du type I-16. L'année 1943 fut presque entièrement consacrée à l'étude et à la construction de ce turboréacteur qui fut prêt pour les essais en janvier 1944 et reçut la désignation I-40. La poussée obtenue était de 1 815 kg; c'était la plus forte qui eût été réalisée à l'époque.

Parallèlement à la General Electric, une autre grande firme étudia le nouveau mode de propulsion; la Westinghouse Electric Corporation fut désignée par la Marine, au lendemain de Pearl Harbour, pour construire un turboréacteur de conception et d'exécution entièrement américaines. Les instructions reçues interdisaient tout contact avec un groupe travaillant la même question. Le résultat de ces études « en vase clos » fut un réacteur à compresseur axial, le « Yankee » 19-B, dont la puissance élevée s'alliait à des dimensions réduites. Peu après, la Westinghouse mit au point un moteur semblable, mais de taille moitié environ, le 9,5-B, destiné à la propulsion des bombes volantes télécommandées qu'utilisaient les appareils de l'aviation embarquée. A l'heure actuelle, Westinghouse a développé un moteur deux fois plus puissant que le 19-B, le « Yankee » 24-C, également à compresseur axial, tandis que la General Electric a adopté le système de compression axiale pour son modèle le plus récent de même puissance que le I-40, le TG-180 (fig. 3), ainsi que pour le turbopropulseur TG-100 (fig. 5) qui en est dérivé.

Un grand nombre de firmes américaines produisent des turboréacteurs ou s'équipent pour en produire.

Certaines d'entre elles se contentent de construire sous licence les moteurs conçus par les deux grandes firmes pilotes :

— La General Motors utilise les conceptions de la General Electric : les usines Allison produisent des moteurs I-16 et I-40, et les usines Chevrolet le type le plus récent TG-180 ;

— Pratt et Whitney, qui a par ailleurs acquis

les licences du turboréacteur anglais Rolls-Royce « Nene », construit également des Westinghouse « Yankee » 24-C, destinés aux chasseurs embarqués de l'aviation navale ;

— D'autres firmes enfin, parmi lesquelles il faut citer Boeing, Allis-Chalmers, Lockheed, Menasco, Northrop, Packard, Wright, tout en construisant parfois d'autres moteurs sous licence, travaillent à mettre au point des réacteurs de leur propre conception, tandis que certaines autres, telles la Thomson Aircraft Products, fabriquent certains organes particuliers tels que : aubes et roues de turbine par exemple, pour le compte des constructeurs de moteurs.

## Deux tendances : compresseur centrifuge et compresseur axial

On sait qu'il existe en matière de turbines à gaz deux conceptions qui diffèrent par le principe de l'un des organes essentiels : le compresseur.

Tandis que les Anglais ont, en général, adopté le compresseur centrifuge, les Allemands ont toujours été fidèles au compresseur axial. Étant donné le handicap que constituait pour ces derniers la pénurie d'alliages spéciaux qui limitait les performances de leurs engins, il était difficile de comparer les deux formules sur les résultats obtenus par les belligérants.

Le compresseur axial, dans lequel l'air progresse parallèlement à l'axe de l'engin et se trouve comprimé par plusieurs rangées d'aubes, est au premier abord plus séduisant parce qu'il réduit au minimum le maître couple du moteur. Il est vrai que ce gain sur la section frontale est racheté par un allongement assez considérable, et que la simplicité apparente de ce compresseur n'empêche pas que sa réalisation soit plus difficile que celle du compresseur centrifuge.

Ce dernier aspire l'air axialement à l'avant du rotor ou, si celui-ci est à double entrée à l'avant et à l'arrière du rotor, au voisinage de l'axe, et le rejette radialement. L'air ainsi accéléré est envoyé à grande vitesse dans un diffuseur fixe où il se comprime en perdant son énergie cinétique. Des tubulures tangentielles l'amènent aux chambres de combustion. Le compresseur centrifuge conduit à des valeurs sensiblement plus élevées du maître couple, qui sont rachetées par une longueur totale moins grande du moteur. La double admission à l'avant et à l'arrière du rotor permet de comprimer un débit d'air considérable et par conséquent de tirer du moteur une puissance élevée. Plus robustes que les compresseurs axiaux, les centrifuges sont aussi d'un prix de revient plus faible et semblent mieux adaptés aux variations de régime. Ils présentent en outre l'avantage d'être moins sujets au givrage.

## Le General Electric I-40

Comme nous l'avons vu, la production américaine, qui présente une grande diversité de modèles, ne semble pas avoir choisi entre les deux formules, et toutes les deux sont développées concurremment, parfois, comme c'est le cas pour la General Electric, par la même firme. Nous décrirons pour ces deux formules le modèle le plus puissant sur lequel des renseignements détaillés aient été publiés.

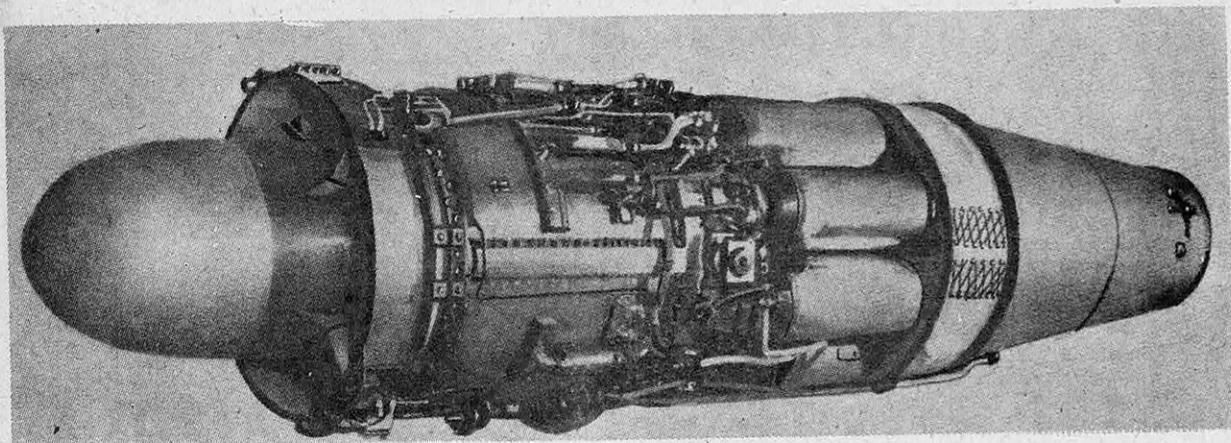


FIG. 3. — LE PLUS RÉCENT TURBORÉACTEUR DE LA GENERAL ELECTRIC : LE TG-180

Le TG-180 pèse 1 043 kg et développe une poussée de 1 814 kg à la vitesse de rotation de 7 600 tours/mn. Il est équipé d'un compresseur axial à onze étages, de huit chambres de combustion et d'une turbine à un étage. Il a reçu l'indicatif J-35 dans l'aviation d'armée américaine.

Au moment où il a été conçu, le General Electric I-40 (fig. 2) (1) était un des plus puissants turbo-réacteurs. Il est maintenant égalé par le turbo-réacteur anglais Rolls-Royce « Derwent V » de 1 815 kg de poussée et surpassé par le Rolls-Royce « Nene » et le De Havilland « Ghost » qui développent 2 268 kg de poussée.

Le compresseur est, comme nous l'avons vu, du type centrifuge. A la vitesse de 11 500 tours/mn, il comprime 36 kg d'air par seconde à 4,1 kg/cm<sup>2</sup>. Son rotor qui entraîne trente et une

palettes est en alliage d'aluminium et le diffuseur en alliage de magnésium.

La chambre de combustion multiple est constituée par quatorze éléments d'acier inoxydable disposés autour de l'engin. Dans chacun de ces éléments se trouve un tube de combustion à l'entrée duquel un gicleur injecte le carburant.

La turbine est à circulation axiale des gaz. Ceux-ci traversent d'abord une couronne circulaire en acier moulé supportant quarante-huit ailettes de guidage, puis traversent les aubages de la turbine formée d'un disque d'acier inoxydable dans lequel sont insérées cinquante-quatre aubes en alliage résistant à

(1) Désigné dans l'aviation d'armée américaine par l'indicatif J-33.

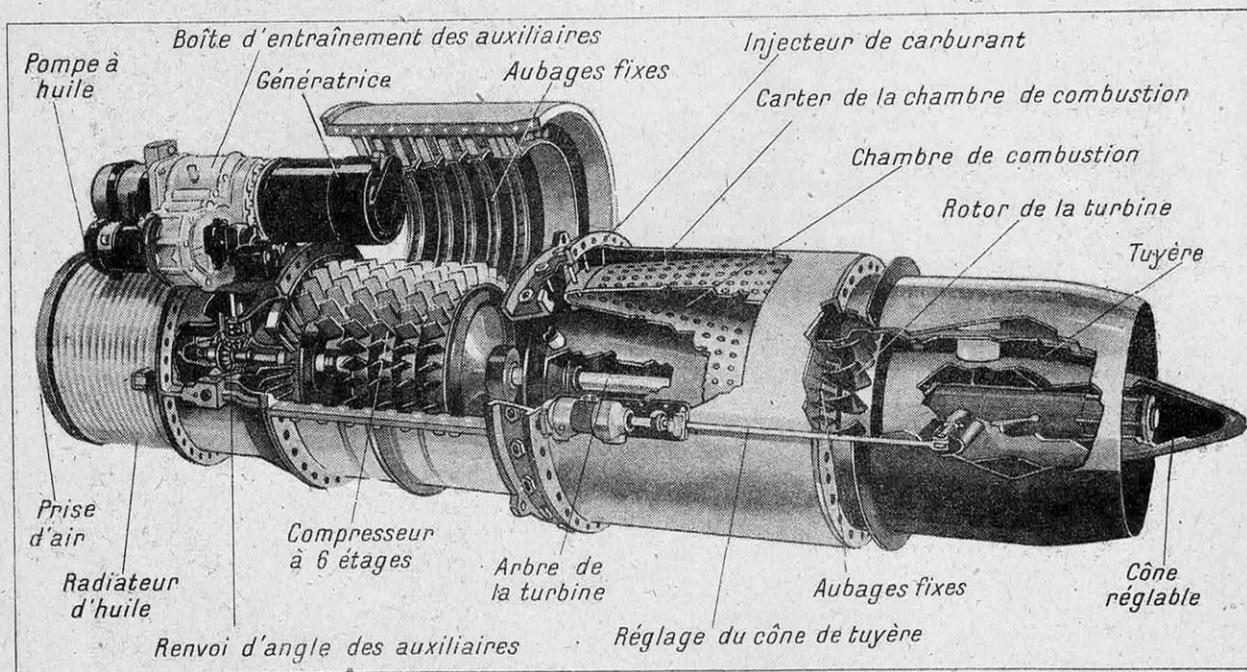


FIG. 4. — LE TURBORÉACTEUR WESTINGHOUSE 19-B A COMPRESSEUR AXIAL, DESTINÉ A ÉQUIPER LES APPAREILS DE L'AVIATION NAVALE AMÉRICAINE

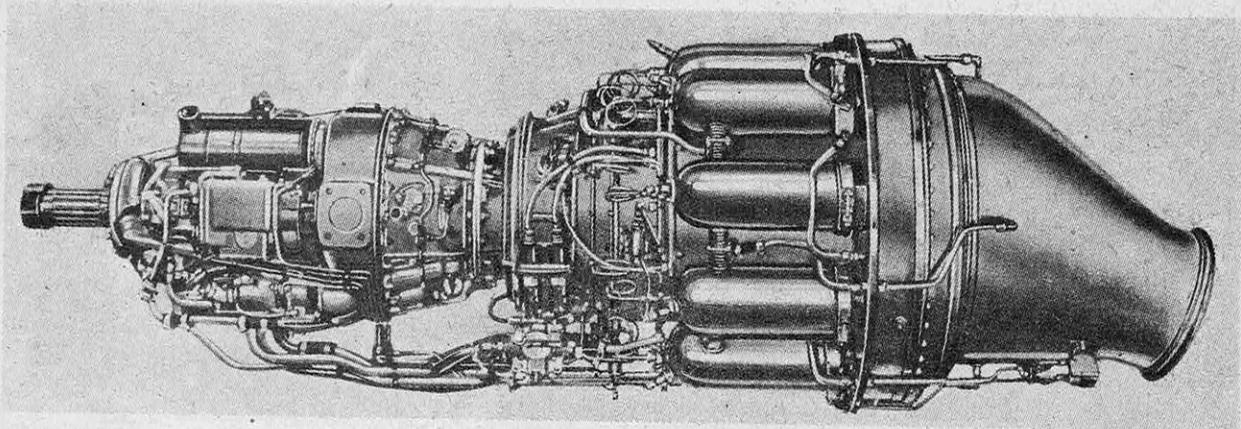


FIG. 5. — LE TG-100, TURBOPROPULSEUR DE 2 200 CH DE LA GENERAL ELECTRIC

Ce turbopropulseur est dérivé du turboréacteur TG-180. Il pèse 707 kg et développe une puissance de 2 200 ch sur l'hélice et une poussée de 272 kg à la tuyère d'échappement pour une vitesse de rotation de 13 000 tours/mn. Son indicatif dans l'aviation d'armée américaine est T-31.

haute température. Le rotor est porté par un roulement à galets et un roulement à billes (destinés à supporter la poussée longitudinale qui s'exerce sur la turbine, et que le compresseur n'équilibre pas puisqu'il est lui-même auto-équilibré). Les aubes de la turbine sont refroidies par une circulation d'air prélevé au dehors du fuselage du moteur. La turbine tourne à 11 500 tours/mn. Les gaz y sont admis à une température de 800° C et sont rejetés à la tuyère à une température de 632° C où ils achèvent leur détente.

La tuyère est constituée par une tôle cylindrique comportant à son intérieur une aiguille conique fixe supportée par des tiges radiales profilées.

Il est intéressant de comparer les caractéristiques de cet engin avec celle des engins anglais les plus puissants de même formule. Pour une poussée de 2 268 kg (contre 1 814 kg au I-40) le Rolls-Royce « Nene » présente des dimensions nettement inférieures: 1 258 mm de diamètre (contre 1 321 mm), 2 458 mm de long (contre 2 616 mm), un poids de 726 kg (contre 839 kg.) Le « Nene » est donc en engin plus compact que le I-40 puisqu'il ne pèse que 0,31 kg par kilogramme de poussée (contre 0,40 kg par kilogramme de poussée pour le I-40). Il est aussi plus économique, puisque sa consommation est de 1,06 kg de carburant par kilogramme de poussée et par heure, contre 1,18 pour le I-40.

Cette différence tient à ce que le « Nene » est plus « poussé » que le I-40. Il absorbe un débit d'air plus considérable (40,3 kg) et le cède à la turbine à une température et une pression supérieures. Ce résultat est atteint grâce à la grande résistance des aubes de turbine qui supportent des températures d'admission élevées (de l'ordre de 875° C) et de grandes vitesses de rotation (12 300 tours-mn).

Il convient d'ailleurs de signaler que la firme Allison construit maintenant une version plus poussée du I-40, le Allison 400, qui développe une poussée de 2 087 kg, mais reste inférieur au « Nene », et aux modèles plus puissants qu'on en a réalisées.

#### Le Westinghouse « Yankee » 19-B

Le fait qu'une firme américaine ait acquis les licences du « Nene » est d'ailleurs révélateur de

l'écart qui sépare encore la technique américaine de la technique anglaise.

Le « Yankee » 19-B (fig. 4) n'est pas le plus puissant turboréacteur développé par Westinghouse puisqu'il ne développe que 623 kg de poussée, mais on possède encore peu d'informations sur le dernier modèle « Yankee » 24-C, capable de produire une poussée de 1 300 kg.

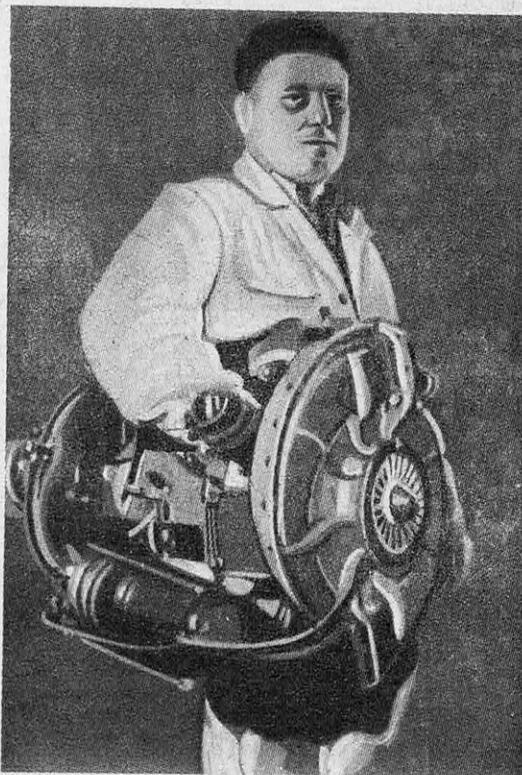


FIG. 6. — CETTE PETITE TURBINE A GAZ DE 200 CH CONSTRUITE PAR BOEING NE PÈSE QUE 63,5 KG

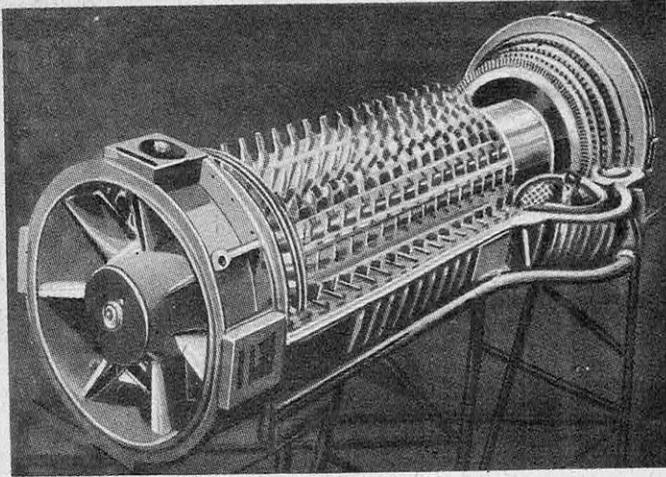


FIG. 7. — LE PREMIER MOTEUR A RÉACTION ÉTUDIÉ AUX ÉTATS-UNIS :  
LE NORTHROP « HENDY »

Les études de ce moteur, qui sera utilisé comme turbopropulseur ou comme turboréacteur, furent entreprises en 1939. Comme réacteur, il développera une poussée nettement supérieure à celle de tous les réacteurs actuels : il est destiné à la propulsion des bombardiers lourds et notamment de l'aile volante Northrop YB-49 (version à réaction du bombardier B-35). Il comporte un compresseur à dix-huit étages, une chambre de combustion annulaire et une turbine à quatre étages.

et le 19-B est caractéristique de la technique purement américaine du turboréacteur.

Le compresseur est du type axial à six étages, les six rangées d'ailettes en acier étaient fixées à un rotor en alliage d'aluminium. A la vitesse de 18 000 tours/mn, il aspire 13,5 kg d'air par seconde et le comprime à 3 kg/cm<sup>2</sup>.

La chambre de combustion est constituée par un espace annulaire allant en s'évasant vers la turbine et limité par deux troncs de cônes en acier percés de trous par où pénètre l'air ; à l'entrée sont disposés vingt-quatre injecteurs de carburant et deux bougies de démarrage.

La turbine, à un étage, comporte une couronne circulaire fixe portant quarante-cinq ailettes de guidage, puis un rotor d'acier au nickel auquel sont fixées trente-deux aubes également en acier au nickel. La température d'admission est de 815° C et les gaz quittent la turbine à 650° C.

La tuyère est composée d'une tôle extérieure presque cylindrique, à l'intérieur de laquelle est maintenue par quatre supports profilés une aiguille conique mobile. En « rentrant » cette aiguille, on augmente la section offerte aux gaz d'échappement et on réduit la pression en aval de la turbine.

Le trait le plus frappant de ce moteur est l'extraordinaire petitesse de son maître couple ; le diamètre du 19-B est de 483 mm. Par contre, sa longueur est de 2 655 mm. Le poids total est de 367 kg, soit 0,58 kg par kg de poussée, ce qui est moins favorable encore que pour le I-40, mais la petitesse du maître couple compense dans une certaine mesure cette infériorité. La consommation est également assez élevée : 1,28 kg de carburant par kg de poussée et par heure.

Nous ne décrivons pas plus complètement ces réacteurs, ni les autres modèles américains qui se

sont diversifiés en tenant compte de l'expérience acquise par les deux grandes firmes « pilotes ». L'aviation américaine disposera bientôt de toute une gamme de turboréacteurs et de turbopropulseurs allant des plus petits, tels le Yankee 9,5-A, pesant 66 kg et développant une poussée de 118 kg, qui est destiné à la propulsion des bombes volantes, ou la turbine Boeing de 200 ch (fig. 6) qui ne pèse que 63,5 kg (soit la moitié du poids d'un moteur à explosion de même puissance), jusqu'aux turboréacteurs et aux turbopropulseurs destinés aux chasseurs les plus rapides et aux gros bombardiers.

Les Américains eux-mêmes admettent que leur retard dans la technique des turbopropulseurs et des turboréacteurs par rapport à la technique anglaise est encore considérable et risque de faire sentir ses conséquences pendant plusieurs années encore. Le grand constructeur Glenn Martin a fait à cet égard des déclarations pessimistes prédisant que d'ici quatre ou cinq ans, les appareils de transport anglais surclasseraient les appareils américains.

Par contre, dans le domaine militaire, les Américains manifestent une grande hardiesse dans

l'emploi qu'ils font de la propulsion à réaction, et ils compensent dans une certaine mesure l'infériorité de leurs moteurs par les qualités aérodynamiques de leurs appareils, comme le montrent le record de vitesse établi à la station d'essai de Muroc Dry Lake par un Lockheed P-80 « Shooting Star » et, plus récemment, les performances du Douglas 558 « Skystreak ».

### Les chasseurs américains à réaction

L'avion de chasse étant le type d'appareil auquel on demande les performances les plus élevées au point de vue vitesse, horizontale et ascensionnelle, devait évidemment bénéficier le premier du nouveau mode de propulsion.

Aujourd'hui les chasseurs de série de l'aviation d'armée américaine sont tous à réaction : le P-59 « Airacomet » étant considéré comme dépassé (il a volé en 1942), les appareils de série sont le Lockheed P-80 « Shooting Star », propulsé par un turboréacteur General Electric I-40 et le Republic P-84 « Thunderjet » (fig. 8) à un turboréacteur General Electric TG-180. A partir du P-79 et à l'exception du P-82 North-American « Twin Mustang », tous les prototypes de chasseurs, sur lesquels on ne possède que très peu de renseignements sont à réaction (1). Sur 453 chasseurs fournis à l'armée en 1946, 411 étaient à réaction.

(1) Voici la liste des chasseurs américains à réaction : Bell P-59 « Airacomet », Northrop XP-79 (aile volante), Lockheed P-80 « Shooting Star », Consolidated XP-81 (fig. 9), Bell XP-83, Republic P-84 « Thunderjet », MacDonnell XP-85, North-American XP-86, Curtiss XP-87, MacDonnell XP-88, Northrop XP-89, Lockheed XP-90, Republic XP-91, Consolidated XP-92, Lockheed XP-93. La lettre X devant la désignation d'un appareil sert à indiquer que ce type est encore expérimental.

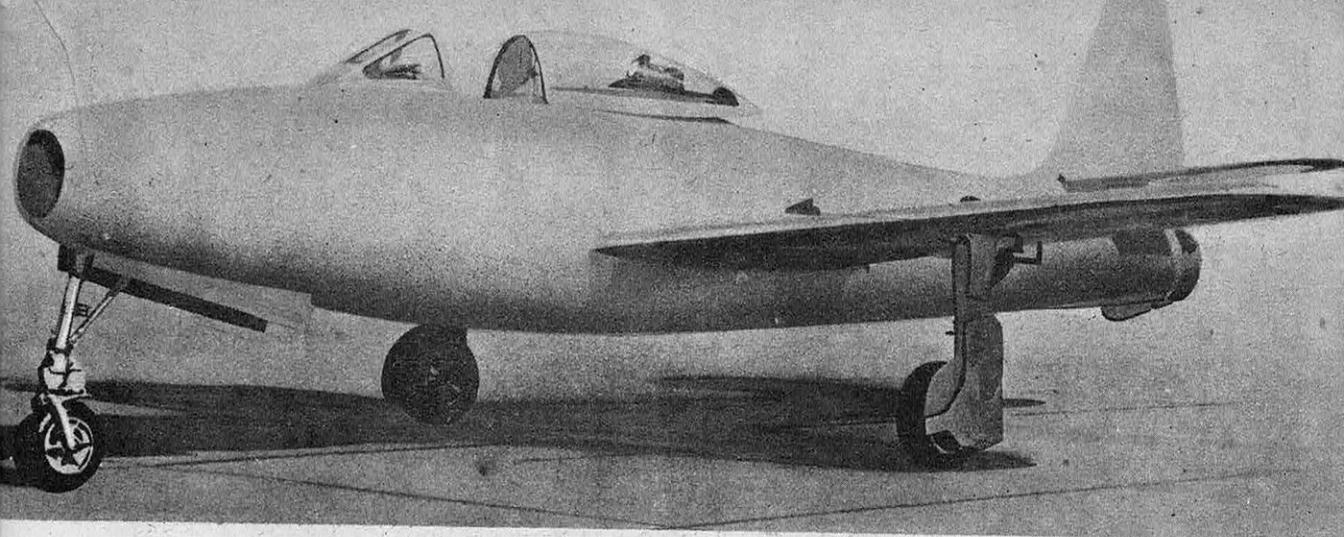


FIG. 8. — LE CHASSEUR A RÉACTION REPUBLIC P-84 « THUNDERJET » DONT LA VITESSE MAXIMUM EST DE 982 KM/H

*C'est actuellement, avec le Lockheed P-80 « Shooting Star », l'appareil de série de l'aviation américaine. Il a été choisi pour ses performances élevées et sa maniabilité. Il est équipé d'un turboréacteur General Electric TG-180 de 1814 kg de poussée, dont on aperçoit la prise d'air dans le nez du fuselage. Les caractéristiques principales de cet appareil sont : envergure, 11,10 m; hauteur, 3,78 m; longueur, 11,34 m; surface totale, 23 m<sup>2</sup>; poids total, 4 100 kg; vitesse maximum, supérieure à 950 km/h; plafond, 12 200 m; son rayon d'action est supérieur à 1 600 km.*

A plein régime, l'avion à réaction consomme plus de carburant que l'avion à hélice, ce qui, toutes questions de rendement mises à part, est inévitable puisqu'aux grandes vitesses la résistance de l'air prend des valeurs élevées et que, par conséquent, le travail dépensé au kilomètre parcouru augmente. Son rayon d'action se trouve donc diminué. Comment, dans ces conditions, résoudre le problème de l'escorte des grandes escadres de bombardement lointain ? Une solution intéressante est fournie par le MacDonnell XP-85, chasseur d'escorte à un turboréacteur Westinghouse 24-C; il sera logé dans

le fuselage du bombardier Consolidated Vultee B-36, dans lequel il s'éclipsera complètement, jusqu'au moment où il sera lâché pour prendre part au combat. Sa mission terminée, le XP-85, qui n'aura pas de train d'atterrissage, reviendra se loger dans le « ventre » de son bombardier.

Une autre solution serait l'utilisation de l'énergie atomique à la propulsion des avions, qui rendrait leur rayon d'action pratiquement illimité.

Sous la direction de la Fairchild and Airplane Company et avec la participation de savants éminents, une dizaine de firmes étudient actuel-

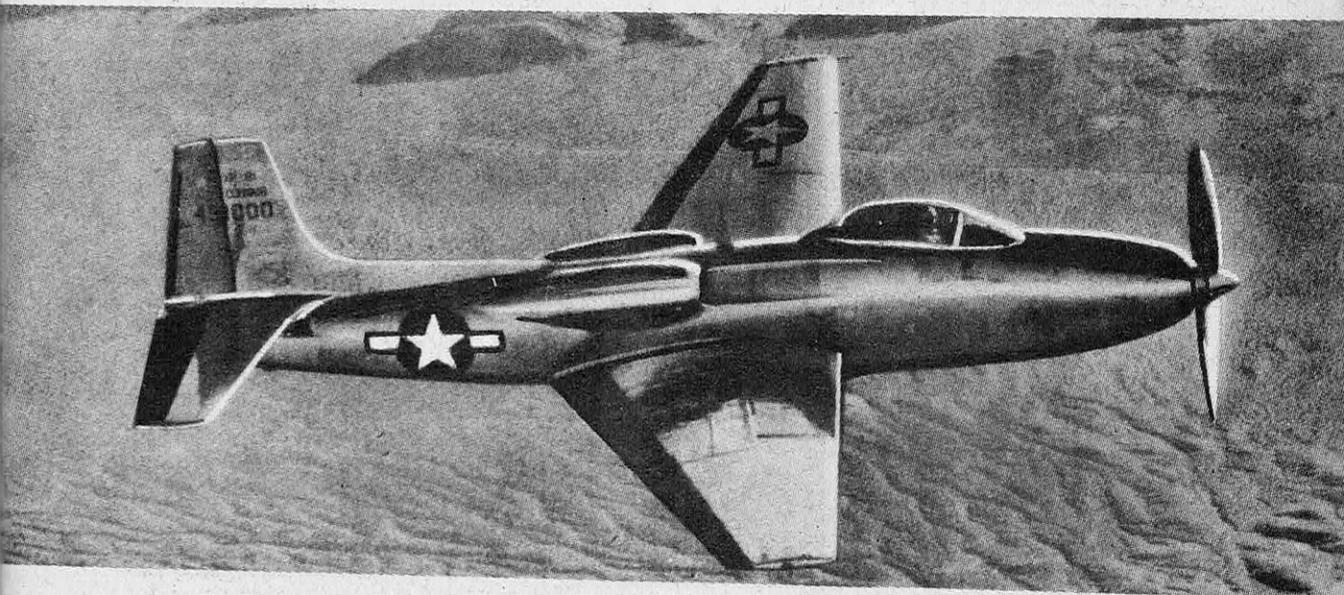


FIG. 9. — LE CHASSEUR CONSOLIDATED-VULTEE XP-81 A PROPULSION COMPOSITE

*Le Consolidated-Vultee XP-81 est un chasseur d'escorte à grand rayon d'action. En croisière, il est propulsé par une turbine G. E. TG-100 logée à l'avant et actionnant une hélice. Pour le décollage et le vol rapide en combat aérien, un réacteur General Electric I-40, logé dans la queue (et dont on aperçoit les deux prises d'air à la partie supérieure du fuselage), lui fournit un supplément de poussée. Les principales caractéristiques de cet appareil sont : envergure, 15,39 m; longueur, 13,61 m; hauteur, 4,12 m; surface alaire, 39,5 m<sup>2</sup>; poids total, 8 845 kg.*

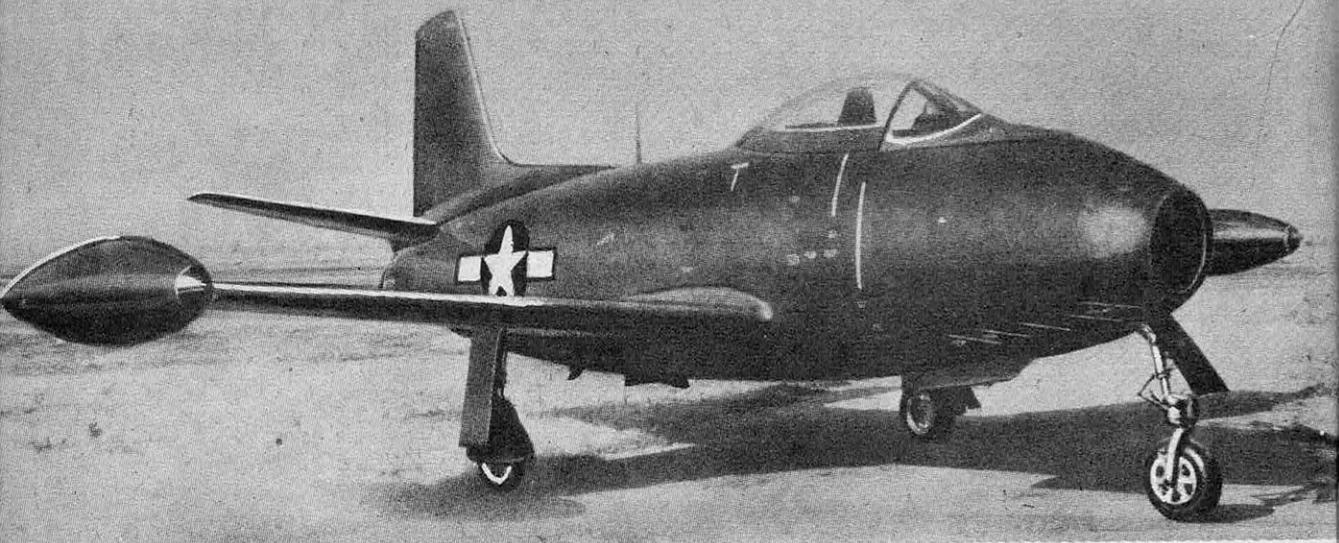


FIG. 10. — LE NORTH AMERICAN XFJ-1, CHASSEUR EMBARQUÉ DE L'AVIATION NAVALE

Voici quelques-unes des caractéristiques de ce chasseur qui est actuellement fabriqué en série: envergure, 11,61 m; longueur, 10,24 m; hauteur, 4,42 m. Propulsé par un réacteur General Electric TG-180, fabriqué par la division Chevrolet de la General Motors, il atteint une vitesse supérieure à 800 km/h. La roue avant de son train tricycle est escamotable au sol, ce qui permet de le loger plus facilement dans un espace restreint.

lement des turbines nucléaires fonctionnant en circuit fermé ou en circuit ouvert, et des turbo-réacteurs et statoréacteurs à énergie nucléaire. Cette entreprise qui a reçu le nom de *Nepa Project* (abréviation de *Nuclear Energy for Propulsion of Aircraft*) est seulement dans la phase préparatoire de ses travaux, et il ne faut pas se dissimuler les nombreuses difficultés que rencontreront les chercheurs pour loger à bord d'un avion une source d'énergie aussi difficile à utiliser que la pile à uranium, et à assurer la protection contre ses radiations et ses émanations mortelles.

En ce qui concerne les chasseurs de l'aviation navale, deux formules sont actuellement en concurrence: la réaction pure et la propulsion composite. La première est représentée par:

— les MacDonnell FD-1 « Phantom » et XF-2 D-1 « Banshee », le deuxième étant dérivé du précédent, mais utilisant deux réacteurs Westinghouse « Yankee » 246 au lieu de deux « Yankee » 19-B;

— les Chance Vought XF-6 U-1 « Pirate » à un réacteur 24-C, et XF-7 C-1 sur lequel on ne possède pas de renseignements;

— le Grumman F-9/F-1, dont il existe plusieurs versions. L'une d'entre elles est équipée d'un Rolls-Royce « Nene » et l'autre d'un General Electric TG-180;

— le North American XF J-1 à un réacteur TG-180 (fig. 10).

Les chasseurs à propulsion composite remédient aux performances médiocres des turbo-réacteurs pour les faibles vitesses par l'utilisation de deux moteurs de types différents: l'un à réaction pure, l'autre à hélice, cette hélice pouvant d'ailleurs être actionnée par un moteur à explosion classique ou par une turbine à gaz.

La formule composite permet de décoller des avions embarqués avec une faible longueur de piste (en faisant fonctionner les deux moteurs), de conserver un régime de croisière économique, de passer très rapidement de ce régime de croisière aux régimes de pointes nécessaires en combat aérien et de maintenir des performances élevées quelle que soit l'altitude. Citons parmi les appareils de ce type:

— le Curtiss F-15 C-1 qui est mû par un moteur Pratt et Whitney « Double-Wasp Major », dix-huit cylindres, 2 100 ch, et par un réacteur Allis-Chalmers H 2-B (dérivé du De Havilland « Goblin » anglais);

— les trois chasseurs Ryan FR-1 « Fireball », XF-2 R-1 « Dark Shark » et XF R-4. Le premier combine un moteur Wright « Cyclone » R-1820 de 1 350 ch et un turboréacteur General Electric I-16; le deuxième est équipé d'une turbine General Electric TG-100 qui fournit 2 400 ch sur l'hélice et une poussée de 375 kg et d'un réacteur General Electric I-16. Le X FR-4 est un modèle expérimental dans lequel le réacteur I-16 du « Fireball » est remplacé par un Westinghouse 24-C.



FIG. 11. — LE NORTH AMERICAN XB-45, BOMBARDIER MOYEN ET AVION DE RECONNAISSANCE PHOTOGRAPHIQUE

Le North American XB-45, comme le Consolidated-Vultee XB-46 conçu pour les mêmes missions, est propulsé par quatre turboréacteurs General Electric TG-180. Ses dimensions sont: envergure, 27,14 m; longueur, 22,56 m; hauteur, 7,67 m. Ses performances n'ont pas été publiées. Une commande de quatre-vingt-seize de ces bombardiers est actuellement en cours d'exécution.

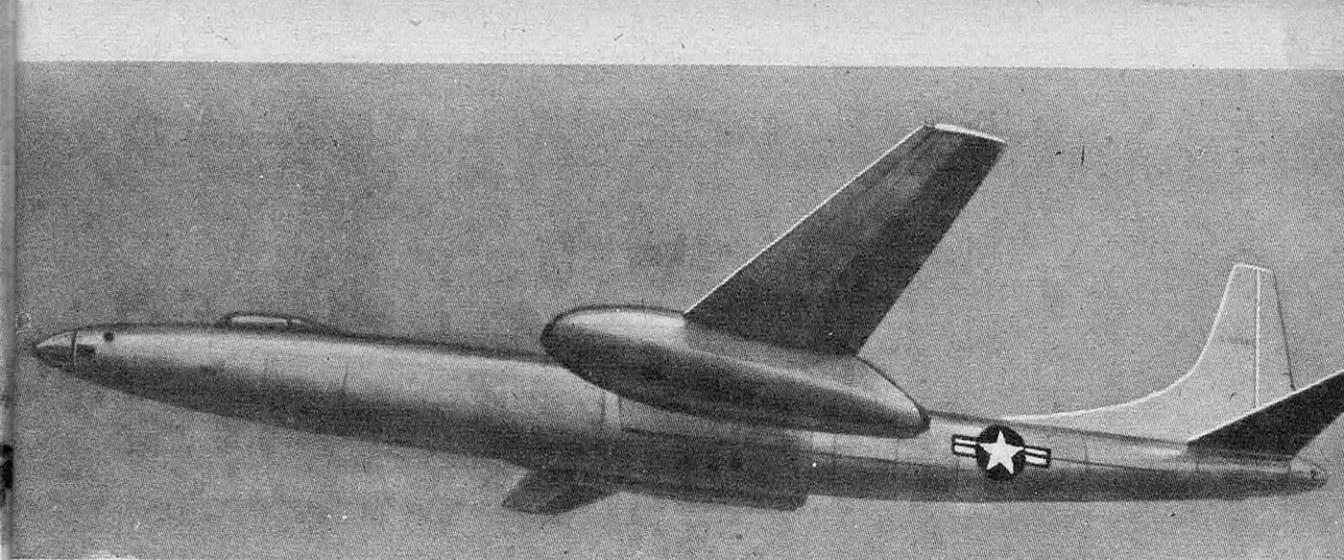


FIG. 12. — LE BOMBARDIER MOYEN CONSOLIDATED-VULTEE XB-46 A QUATRE TURBOPROPULSEURS

Ce bombardier expérimental a effectué ses essais au début de l'année 1947. Voici ses principales caractéristiques : envergure, 34,44 m ; longueur, 32,3 m ; hauteur, 8,53 m ; poids à vide, 21 770 kg. Les performances de cet appareil, qui est propulsé par quatre turboréacteurs General Electric TG-180, n'ont pas encore été publiées. Sa vitesse maximum doit être très élevée puisqu'on envisage de l'utiliser sans armement défensif comme avion photographique.

Enfin mentionnons que Consolidated a développé un hydravion de chasse, dont les performances ne seraient pas très inférieures à celles des chasseurs terrestres.

### Bombardiers à réaction

C'est dans le domaine de l'aviation de bombardement que les Américains emploient avec plus de hardiesse la propulsion à réaction, puisqu'ils sont les seuls à construire des appareils à six et même huit turboréacteurs. Les principaux bombardiers à réaction de l'aviation d'armée sont :

— le Douglas XB-43 « Jetmaster », appareil expérimental à deux General Electric TG-180 ;

— le Consolidated XB-46, bombardier moyen à quatre turboréacteurs TG-180 (fig. 12) ;

— le Curtiss XA-43, bombardier d'assaut à quatre réacteurs TG-180 ;

— le North American XB-45 à quatre réacteurs TG-180 (fig. 11) ;

— le Boeing XB-47, bombardier lourd à six réacteurs TG-180 ;

— le Martin XB-48 à six réacteurs TG-180 (voir p. 162-163).

— et enfin l'aile volante Northrop YB-49 à huit turboréacteurs TG-180, version à réaction du bombardier XB-35.

A tous ces appareils on attribue des vitesses dépassant 800 km/h.

Les principaux bombardiers et appareils de reconnaissance de l'aviation navale sont équipés de réacteurs ou de turbines :

— l'hydravion Consolidated XP-3-Y à quatre turbopropulseurs Allison de 5 500 ch chacun ;

— le Martin XP-4 M-1, bombardier torpilleur, poseur de mines et appareil de reconnaissance à propulsion composite fournie par deux Pratt et Whitney « Wasp Major » de 3 000 ch et deux réacteurs General Electric J-33-4 (type I-40) fabriqué par Allison ;

le Grumman XT B-3-F bombardier torpilleur équipé d'un

moteur Pratt et Whitney « Double Wasp » et d'un réacteur Westinghouse 24-C.

### L'aviation commerciale

Dans le domaine de l'aviation civile, on en est encore aux projets, car la vitesse n'est qu'un des éléments, et non le plus important, qui interviennent dans le choix d'un type de propulsion. La vitesse coûte cher, et, si on doit l'obtenir à tout prix sur les appareils militaires, sur les lignes de transport civil il faut tenir compte de facteurs tels que : prix de revient au kilomètre, régularité et sécurité des voyages, confort des passagers, etc. Il est probable que le moteur à explosions est appelé à céder la place à la turbine à gaz, qui a en particulier le gros avantage de ne pas augmenter sensiblement de complexité pour les très grandes puissances, alors que le moteur à explosion doit multiplier ses cylindres.

Mais, si les Américains prévoient dans certains de leurs projets le remplacement des moteurs

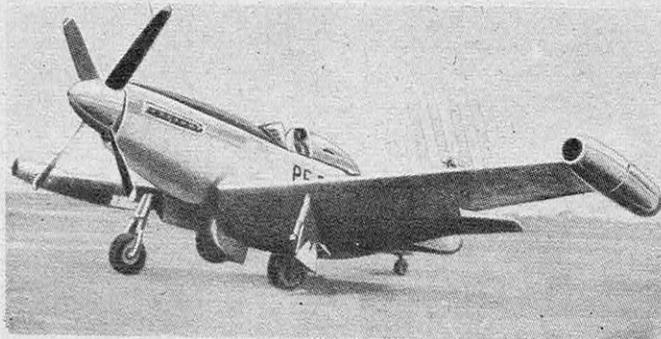


FIG. 13. — UN AVION EXPÉRIMENTAL NORTH AMERICAN « MUSTANG » MUNI DE STATORÉACTEURS EN BOUT D'AILE

Plusieurs firmes américaines étudient actuellement la mise au point du statoréacteur, le plus simple des modes de propulsion aérienne. Mais ce réacteur ne produit une poussée utilisable qu'aux vitesses très élevées et c'est pourquoi les expériences sont le plus souvent effectuées sur des appareils à propulsion composite qui atteignent les vitesses d'utilisation du statoréacteur à l'aide d'un autre moteur.

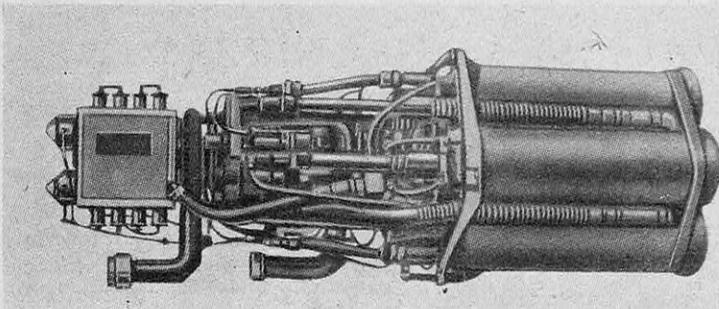


FIG. 14. — LE MOTEUR FUSÉE 6 000 C-4 DE LA REACTION MOTORS

Cette fusée est en particulier destinée à la propulsion de l'avion supersonique expérimental Bell XS-1. Elle brûle un mélange d'eau et d'alcool dans de l'oxygène stocké sous forme liquide. Elle comporte quatre chambres de combustion que l'on peut faire fonctionner séparément ou simultanément. Elle pèse 95 kg et développe une poussée de 2 518 kg quand on fait fonctionner ses quatre

chambres de combustion. La réaction de cette extraordinaire compacité est une consommation élevée de combustible et de comburant : celle-ci est seize fois supérieure à celle d'un turboréacteur de même poussée.

à explosion par des turbines, il semble qu'ils attendront pour procéder à ce remplacement d'avoir mis au point des engins de fonctionnement régulier et économique et, contrairement aux Anglais, ils étudient peu de types équipés directement de turbo-propulseurs ou réacteurs.

Citons seulement :

— le Consolidated 240 à propulsion composite : deux Pratt et Whitney « Double Wasp » et deux turboréacteurs Westinghouse, dont la vitesse maximum serait de 570 km/h ;

— le Lockheed 189 « Constitution », quadrimoteur dont la version d'origine, équipée de quatre Pratt et Whitney « Wasp Major », serait abandonnée pour une version équipée de turbines J-37 de la firme Menasco, lui conférant une vitesse de 645 km/h.

### A l'assaut du mur sonique

Depuis les débuts de l'aviation, la performance qui a toujours été la plus frappante pour le profane est la vitesse, et le record du monde de vitesse pure est sans doute celui qui a le plus de prestige.

Les Américains détiennent depuis peu ce record avec un appareil Lockheed P-80 « Shooting Star » qui, piloté par le colonel Boyd, a réalisé 1 003,7 km/h sur la base de Muroc Dry Lake. Ce record a été établi, il est vrai, dans des conditions plus favorables que celles qu'avait rencontrées le capitaine anglais Donaldson lors du record précédent (991 km/h) : la température ambiante était de 30° C au lieu de 15°, et on calcule qu'une élévation de 1° C de la température ambiante équivaut à un relèvement de 1,6 km/h de la vitesse de l'appareil.

Mais la rivalité du « Shooting Star » et du « Meteor » sera sans doute bientôt du passé. Les deux aviations travaillent à réaliser des propulseurs et des cellules qui leur permettront d'atteindre les vitesses transsoniques et supersoniques.

Dans le domaine de la propulsion, le turboréacteur est, comme le turbopropulseur, quoique moins rapidement, limité par l'apparition de vitesses supersoniques qui troublent profondément le fonctionnement de certains organes : compresseur et turbine. Heureusement, à ces vitesses on disposera de deux autres modes de propulsion ; le statoréacteur et la fusée.

On connaît le principe du statoréacteur qui est constitué par une sorte de tunnel convenablement profilé et dans lequel l'air vient se comprimer dynamiquement, c'est-à-dire sous l'effet de la vitesse. La valeur de la surpression dépend de cette vitesse et ne devient intéres-

sante que pour des vitesses de l'ordre de celle du son (compression 1,8) ou très supérieures (5,5 à 2 400 km/h). Des firmes telles que North American, Menasco, ainsi que le N. A. C. A. (National Advisory Committee for Aeronautics) travaillent à la mise au point de ce type de moteur qui a reçu aux États-Unis la dénomination de *ramjet* (fig. 13).

On peut d'ailleurs considérer comme une sorte d'« hybrides » entre le turboréacteur et le statoréacteur les turboréacteurs qui sont munis d'un injecteur de carburant dans la tuyère, utilisant l'air en excès dans les gaz s'échappant de la turbine pour brûler un supplément de combustible et doter les gaz propulsifs d'un supplément d'énergie ; on peut obtenir ainsi un gain de poussée de plus de 30 %. Le turboréacteur Allison 400 dont le « Shooting Star » du record était spécialement équipé utilisait un tel dispositif.

Il existe un autre type de moteur : le moteur-fusée qui d'ores et déjà est capable de fournir l'effort propulsif nécessaire pour dépasser la vitesse du son. La figure 14 représente le moteur 6 000 C-4 développé par la Reaction Motors pour l'avion expérimental Bell XS-1 (1).

D'autres firmes, telles que la General Electric, l'Aerojet Engineering Corporation et Wright, poursuivent des expériences sur ces propulseurs qui conviendront aussi bien aux engins spéciaux télécommandés qu'aux avions supersoniques.

Mais les avions expérimentaux destinés aux recherches sur les grandes vitesses et qui ont reçu la dénomination XS (il en existerait une douzaine) ne s'aventurent que très prudemment vers les vols à pleine vitesse qui leur permettront d'utiliser la totalité de leur puissance propulsive, car l'on connaît encore assez mal les formes qu'il convient de donner à ces appareils pour qu'ils restent contrôlables aux vitesses transsoniques et évitent le sort de l'appareil anglais De Havilland « Swallow » qui se brisa en vol dans la mer lors de ses essais. Plus récemment, à Muroc Dry Lake, le Douglas 558 « Skystreak » a atteint les vitesses de 1 031 et 1 047 km/h, moyennes de quatre passages au-dessus d'une base de 3 km. Mais, en raison de l'altitude à laquelle ont été accomplies ces performances, on ne sait pas encore si elles seront homologuées comme records de vitesse pure par la Fédération Aéronautique Internationale, dont les règlements sont en cours de modification.

Y. MARCHAND

(1) Voir « Avions-fusées supersoniques » (*Science et Vie*, n° 354, mars 1947).

# AU DELA DE L'URANIUM

par M.-E. NAHMIA

Docteur ès Sciences

C'est en 1919 que le physicien anglais Rutherford effectua la première transmutation, en bombardant des noyaux d'azote par les particules alpha du rayonnement du radium. Grâce à des techniques sans cesse perfectionnées permettant de produire des faisceaux de projectiles accélérés plus intenses que ceux que livre la radioactivité naturelle, et aussi en recourant à ces particules élémentaires, les neutrons, dépourvues de charge électrique et atteignant par suite plus facilement les noyaux atomiques, plusieurs centaines de transmutations ont été réalisées, livrant par synthèse atomique de très nombreuses variétés (isotopes) radioactives ou non, de presque tous les éléments existant dans la nature. Aujourd'hui les « piles » atomiques, qui constituent les plus puissantes sources de neutrons connues, effectuent ces synthèses sur des quantités de matière très importantes, de l'ordre du kilogramme. En outre, quatre éléments nouveaux ont été créés au laboratoire : le Neptunium, le Plutonium, l'Américium et le Curium, qui viennent prolonger d'une manière inattendue la série des éléments connus que l'on considérait encore il y a peu de temps comme s'arrêtant définitivement à l'Uranium.

On admettait, jusqu'en 1934, que la classification périodique des éléments due au savant russe Mendelejev (1) s'arrêtait à l'Uranium, élément de numéro atomique 92 et de masse atomique sensiblement égale à 238. Aucun élément de numéro atomique supérieur n'avait été décelé soit à la surface de la Terre, soit dans les astres.

Cet arrêt de la série des éléments au numéro 92, si aucune raison théorique ne le rendait nécessaire, semblait assez normal en raison de l'instabilité croissante des noyaux atomiques à mesure que ceux-ci deviennent plus complexes et plus lourds, instabilité qui se traduit par le phénomène de la radioactivité naturelle.

La découverte du neutron (1932) par Chadwick, en même temps qu'elle était appelée à modifier les idées admises sur la structure des noyaux atomiques, donna le moyen de réaliser des types nouveaux de réactions nucléaires, qui mirent en question l'arrêt de la série des éléments à l'Uranium.

Précisons, avant d'aller plus loin, qu'un élément peut être caractérisé par deux nombres : numéro atomique et nombre de masse ou masse atomique. Le numéro atomique est celui de la case qu'il occupe dans la classification générale de Mendelejev ; il correspond au nombre des électrons planétaires qui, suivant le schéma pro-



FIG. 1. — LE SAVANT AMÉRICAIN SEABORG, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE, A QUI L'ON DOIT LES DÉCOUVERTES LES PLUS IMPORTANTES SUR LES ÉLÉMENTS TRANSURANIENS

posé par le physicien anglais Rutherford pour la constitution de l'atome, gravitent autour du noyau de l'atome neutre. Ce noyau porte ainsi une charge positive égale et de signe contraire à la charge globale des électrons planétaires ; il contient donc un nombre de protons représenté par le numéro atomique et en outre un certain nombre de neutrons. Le nombre total de particules du noyau est son nombre de masse. Ainsi on désignera l'élément Hydrogène par le symbole  ${}^1_1\text{H}$  qui exprime que le noyau renferme en tout et pour tout 1 proton, et l'Uranium par  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , qui exprime que le noyau renferme 92 protons et 146 neutrons (soit un total de 238 particules).

En 1934, le physicien italien Fermi, bombardant de l'Uranium avec des neutrons, fut amené à penser que la réaction qu'il provoquait ainsi donnait naissance (à la suite de la capture du neutron par le noyau) à un isotope instable de l'Uranium. Le nouveau noyau, comportant

toujours le même nombre de protons, devait se ranger dans la même case de la classification que précédemment (« isotope », vocable dérivé du grec, signifie « même case »), mais son nombre de masse devait s'être augmenté d'une unité. Ce noyau, par émission d'une particule bêta (électron de charge négative unité) provenant de la transformation d'un neutron en proton, devait donner naissance à un noyau comportant 93 protons, correspondant par conséquent

(1) Voir *Science et Vie* n° 260 (février 1939) page 120.

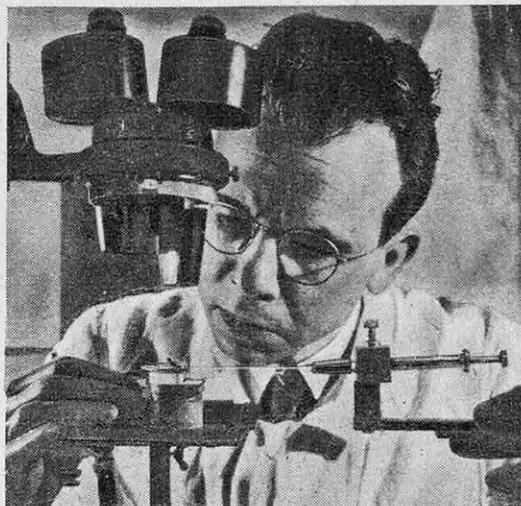
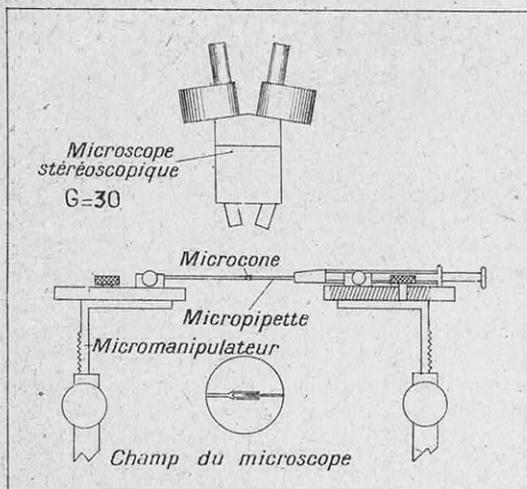


FIG. 2 ET 3. — COMMENT ON EFFECTUE UNE RÉACTION CHIMIQUE A L'ÉCHELLE DU MICROGRAMME

En a, schéma de principe de l'opération: le microcône servant de tube à essai contient le produit à précipiter et la micropipette apporte le réactif provoquant la précipitation. On les déplace tous deux à l'aide de micromanipulateurs à vis dans le champ d'un microscope stéréoscopique de grossissement faible (30). L'extrémité de la pipette étant introduite dans le microcône, on chasse le liquide qu'elle contient en tournant une vis. En b, le Dr Cunningham, l'un des savants américains qui ont mis au point l'ultramicrochimie, effectuant une réaction sur des quantités très petites de réactifs.

à un élément de numéro atomique 93; des émissions bêta ultérieures livraient peut-être même des éléments de numéros atomiques supérieurs.

Fermi constata la formation d'éléments radioactifs de quatre périodes différentes: 10 secondes, 40 secondes, 13 minutes et 90 minutes et pensa que l'une de ces périodes au moins appartenait à un élément transurannique. Pour connaître la nature des produits de ce bombardement de l'Uranium par les neutrons, il était nécessaire de connaître leurs propriétés chimiques; on pourrait alors les placer soit dans une case déjà occupée de la classification de Mendelejev comme un isotope de l'élément occupant cette case, soit dans une des cases restées vides au delà de l'Uranium. Malheureusement les quantités de ces corps, que faisait apparaître cette réaction de laboratoire, étaient infimes (inférieures au microgramme) et des milliers de fois plus petites que celles sur lesquelles on opère par les méthodes classiques de la chimie.

En pareil cas, on sait pourtant tourner la difficulté. A doses très faibles, les éléments, en particulier les éléments radioactifs, ont une propriété qui per-

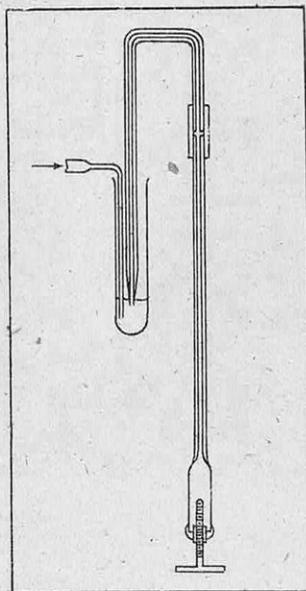


FIG. 4. — UNE MICROBURETTE PERMETTANT DE VERSER DES VOLUMES DE LIQUIDES DÉFINIS A 1 MM<sup>3</sup> PRÈS (REHBERG)

Elle est constituée par un tube capillaire dans lequel le liquide est aspiré ou refoulé progressivement par l'action d'une vis, ce qui permet de ne verser que des quantités très faibles à la fois. La mesure du volume de liquide versé s'effectue en lisant sur une échelle graduée le déplacement d'un index de mercure dans la partie graduée d'un tube capillaire soigneusement calibré (diamètre 0,8 à 0,9 mm). Pour remplir la burette, on fait affleurer le mercure à l'orifice et on aspire le liquide à sa suite.

met de juger de leurs affinités chimiques: si on les place en présence d'autres éléments en quantités pondérables que l'on fait réagir, ils ont tendance à suivre dans les précipités qui se forment au cours des réactions les éléments de propriétés chimiques semblables aux leurs. On peut les suivre dans ces réactions en mesurant les radioactivités des précipités et du liquide restant.

C'est cette méthode que Fermi appliqua aux corps présumés transuranniens. D'après sa place dans la classification, l'élément 93 devait être de la série des homologues du Manganèse (<sup>25</sup>Mn), qui comprend le Mazurium (<sup>43</sup>Ma) et le Rhenium (<sup>75</sup>Re).

Fermi tenta de montrer la parenté d'un des éléments fournis avec les corps de la famille du Manganèse en formant un précipité de bioxyde de manganèse en présence des corps présumés transuranniens. Il constata que 15 % des éléments de période 13 mn et 90 mn précipitaient avec le Manganèse, tandis que les sels d'Uranium ne le suivaient pas dans le précipité. Mais les phénomènes étaient infiniment plus complexes qu'on ne le soupçonnait alors,

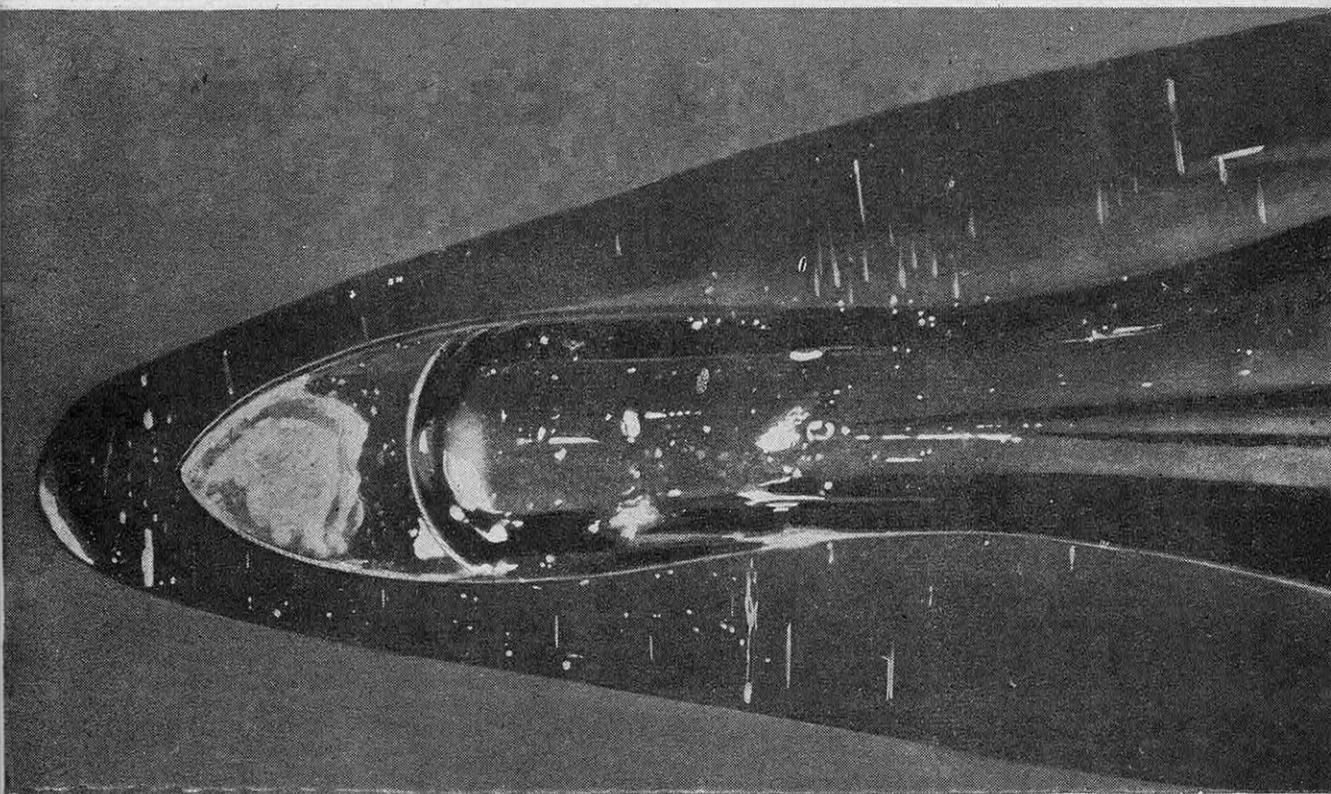


FIG. 5. — UN MICROCONE (AGRANDI 50 FOIS) CONTENANT UNE PETITE QUANTITÉ DE PLUTONIUM SOUS LA FORME DE CRISTAUX GRIS BLEUÉ

puisqu'il se produit aussi des fissions de l'Uranium, véritables éclatements des noyaux, qui donnent naissance à des corps radioactifs de poids atomique voisin de 40. C'est tous les éléments connus dont il eût fallu exclure la présence pour montrer que l'on avait affaire à des corps nouveaux de numéro atomique supérieur à 92.

D'autres savants continuèrent les recherches par des méthodes de précipitation analogues à celles qu'employait Fermi, et l'on parvint à montrer que les produits formés étaient différents de tous les éléments de nombre atomique compris entre 86 et 92. L'existence des transuraniens, qui devenait de plus en plus vraisemblable, notamment à la suite des travaux de Hahn, Meitner et Strassmann, fut établie au début de la guerre (1940) dans les laboratoires américains.

### Le Neptunium

La découverte du Neptunium est due à E. M. McMillan et à P.-H. Abelson, de l'université de Californie. Utilisant en 1940 les neutrons du cyclotron de Lawrence à Berkeley, ils bombardèrent l'Uranium, et grâce à l'intensité de la source de neutrons dont ils disposaient et qui leur permit d'expérimenter sur des quantités de produits beaucoup plus importantes que leurs prédécesseurs, ils établirent avec certitude que le radioélément émetteur de rayons bêta de 23 mn de période (1) (celui-là même auquel Fermi avait attribué une période de 13 mn) était un isotope de l'Uranium, de masse 239, qui, après désintégration, devenait un élément de numéro atomique 93 et de masse inchangée 239. Cet élé-

ment nouveau reçut le nom de *Neptunium*, d'après la planète Neptune, qui, dans le système solaire, fait suite à la planète Uranus. Ce corps est lui-même radioactif émetteur bêta (période 2,3 jours) et devient du Plutonium 239 (voir ci-dessous).

Un autre isotope radioactif du Neptunium fut découvert en 1942 par A. C. Wahl et G. T. Seaborg, de l'université de Californie. En bombardant de l'Uranium avec des neutrons rapides, on réalise un autre type de capture de neutron, suivie de l'émission de 2 neutrons, ce qui forme l'isotope  $238 + 1 - 2 = 237$  de l'Uranium. Cet émetteur, de période égale à 7 jours, devient du Neptunium 237, qui est lui-même émetteur de particules alpha avec une période très élevée évaluée à 2,25 millions d'années. (La particule alpha, ou noyau d'Hélium, est constituée par 2 protons et 2 neutrons, de sorte que, dans cette réaction nucléaire, le numéro atomique s'abaisse de 2 unités et le nombre atomique de 4 unités, donnant ici le  $^{233}_{91}$  Protactinium.) La grande stabilité du Neptunium 237 a permis de l'accumuler en quantité infinitésimale, mais suffisante pour permettre l'étude de ses propriétés chimiques. Enfin la pile de Clinton a fourni plus de 100 mg de Neptunium, avec lesquels les chimistes de l'université de Chicago étudièrent cet élément auquel on peut attribuer les valences III, IV, V et VI. Les propriétés chimiques du Neptunium sont, comme celles du Plutonium, voisines des propriétés chimiques de l'Uranium, avec une tendance à l'augmentation de la stabilité des composés de valences faibles.

### Le Plutonium

C'est également à Berkeley, fin 1940, que Seaborg, McMillan, Wahl et Kennedy découvrirent

(1) On appelle *période* d'un corps radioactif la durée nécessaire pour que la moitié de sa masse se trouve désintégrée.

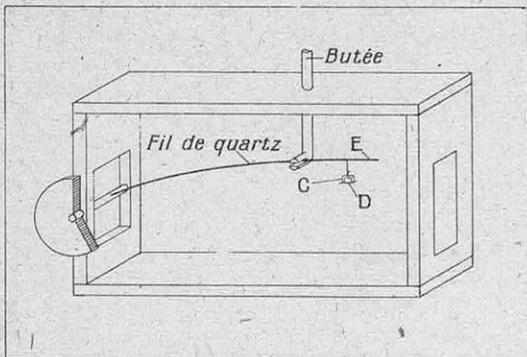


FIG. 6. — CETTE BALANCE DE SALVIONI EFFECTUE LA PESÉE DE 1 MICROGRAMME A 2 % PRÈS

La balance est constituée par un dynamomètre dans lequel les poids à mesurer provoquent la flexion d'un fil de quartz de 0,1 mm de diamètre. Cette flexion est due grâce au déplacement de l'extrémité du fil dans le champ d'un microscope qui décèle les déplacements de 2 microns. Les corps à peser sont placés sur un plateau constitué par une petite feuille de platine portée par un étrier d'aluminium. Au repos, le fil est supporté par une butée éclipable. La balance, qui peut porter un poids de 10,5 mg, effectue des pesées allant jusqu'à 20 microgrammes avec une erreur inférieure à 0,02 microgramme. L'étalonnage de l'appareil se fait à l'aide de poids connus.

le Plutonium en bombardant de l'Uranium avec les deutons (noyaux d'Hydrogène lourd ou Deutérium, comportant 1 proton et 1 neutron), accélérés par le cyclotron. Ils montrèrent que l'Uranium 238 captait le deuton et émettait 2 neutrons, ce qui a pour effet de former un noyau de Neptunium  ${}_{93}^{238}\text{Np}$ .



Ce radioélément émet des rayons bêta avec une période de 2 jours, et devient du Plutonium  ${}_{94}^{238}\text{Pu}$  qui, lui-même, est radioactif émetteur alpha avec une période de 50 ans. Le nom de ce nouvel élément, suivant la même convention que pour le Neptunium, dérive de Pluton, la plus éloignée des planètes solaires.

Presque en même temps, les recherches entreprises sur le Neptunium montraient l'existence d'un isotope du Plutonium:  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  formé à partir du Neptunium  ${}_{93}^{239}\text{Np}$  par émission bêta. Le Plutonium 239 est un émetteur alpha de période voisine de 24 000 ans. Il a une extrême importance du fait que son noyau est aussi facile à briser que l'isotope rare 235 de l'Uranium, par fission après capture de neutrons lents.

C'est à Chicago que Cunningham et Werner obtinrent, après de multiples efforts, un composé pur de Plutonium, le 18 août 1942. C'était la première fois que l'homme obtenait une quantité

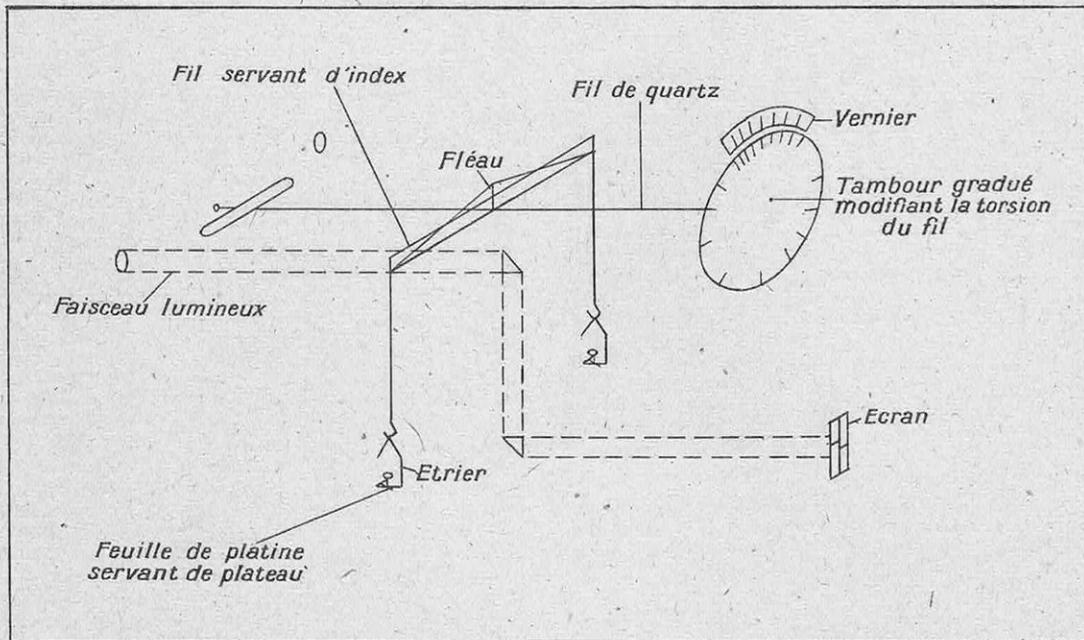


FIG. 7. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE MICROBALANCE A TORSION DE FIL DE QUARTZ

Le fléau de cette balance est constitué par une lame de quartz fixée perpendiculairement au fil de quartz de 0,025 mm de diamètre qui la porte et oscillant autour d'une position d'équilibre (normalement horizontale) sous l'action du couple de torsion du fil. La pesée s'effectue en mesurant à l'aide d'un tambour gradué la différence de la torsion qu'il faut appliquer au fil de quartz avant et après la mise en place de l'objet à peser pour ramener à l'horizontale la position d'équilibre du fléau. L'horizontalité du fléau est vérifiée par un dispositif optique qui permet d'observer les déplacements d'un fil attaché au fléau et de réaliser très exactement la coïncidence des deux images de ses extrémités qui viennent s'inscrire côte à côte sur un écran. Cette balance qui peut supporter une charge maximum de 251 mg constituée principalement par le poids du récipient effectue des pesées allant jusqu'à 300 mg avec une erreur inférieure à 0,02 mg. Ici encore l'étalonnage se fait à l'aide de poids connus. Durant les pesées, la balance doit être protégée contre les plus faibles courants d'air.

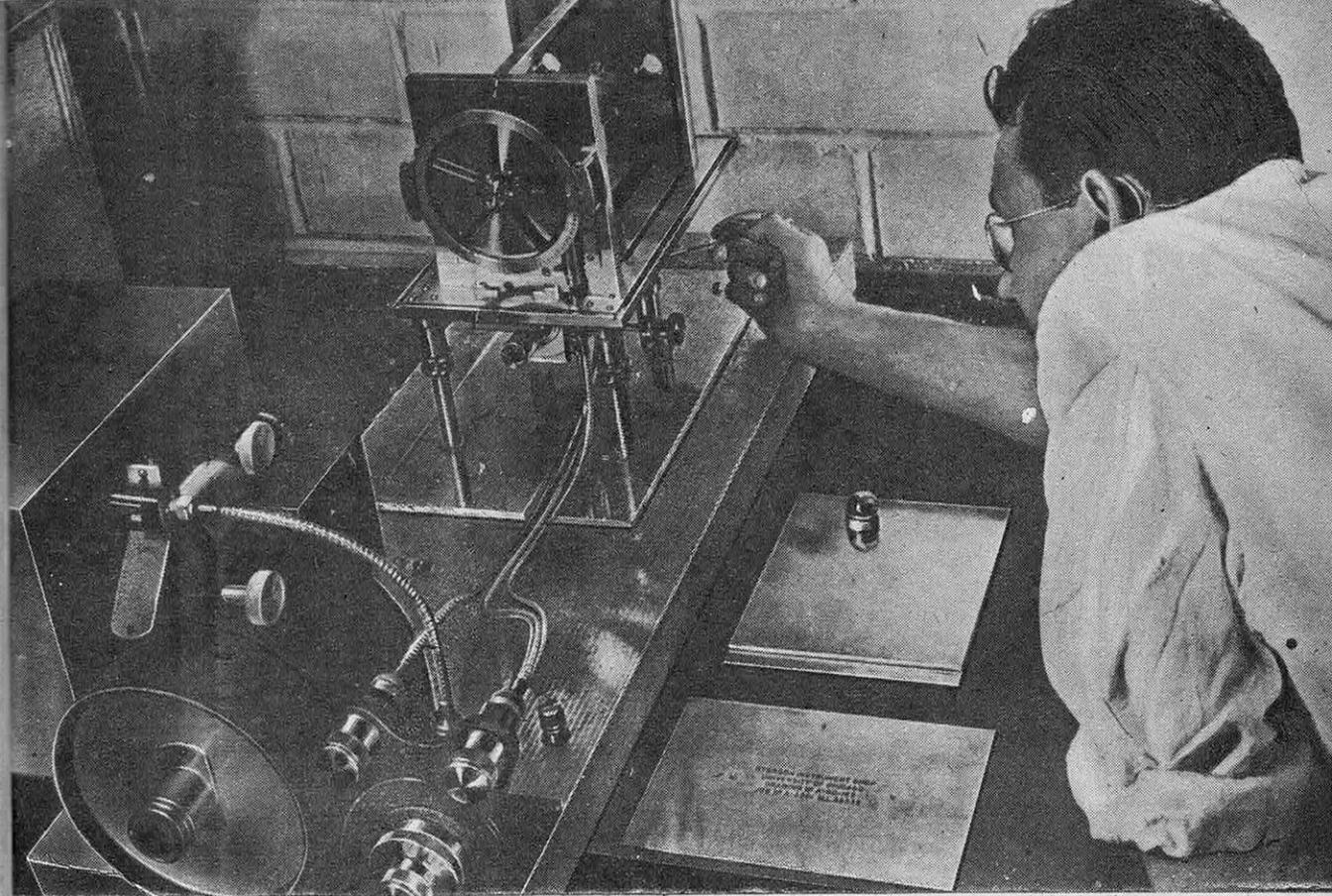


FIG. 8. — LE D<sup>r</sup> CUNNINGHAM EFFECTUANT UNE PESÉE A LA BALANCE DE TORSION

pondérable d'un radioélément artificiel. Ces deux savants, suivis bientôt par d'autres dans ce domaine, firent appel à des méthodes jusqu'à inusitées en chimie pour établir, sur ces quantités extrêmement petites (2 microgrammes pour commencer, puis, à la fin de 1942, 500 microgrammes, obtenues en bombardant pendant plusieurs mois des kilogrammes d'Uranium avec les cyclotrons de Berkeley et de Saint-Louis), une chimie du Plutonium assez précise pour qu'on pût préparer sans perdre de temps la technique de séparation du Plutonium que produiraient les piles alors en construction. On appliqua ainsi, sans transition, les résultats obtenus sur des traces infimes de Pu à des quantités dix milliards de fois plus importantes.

### L'ultramicrochimie du Plutonium

Elle fait intervenir un matériel (récipients, burettes, balances) qui est à l'échelle des quantités que l'on manipule. Les opérations s'effectuent sous un microscope de faible grossissement à l'aide de vis micrométriques (fig. 2). Le tube à essais est remplacé par un petit cône de verre creux appelé *microcône* (fig. 3), dans la pointe duquel s'accumulent les faibles quantités de liquides sur lesquelles on opère. Les burettes destinées aux titrages sont des tubes capillaires dans lesquels le liquide est refoulé par une vis (fig. 4), car une goutte de liquide d'une burette ordinaire représenterait à cette échelle une quantité énorme. Les précipités sont le plus souvent séparés des liquides par centrifugation. Les balances (fig. 6, 7) sont de petits dynamomètres dans lesquels le poids des corps à doser est équilibré par la torsion ou la flexion d'un fil

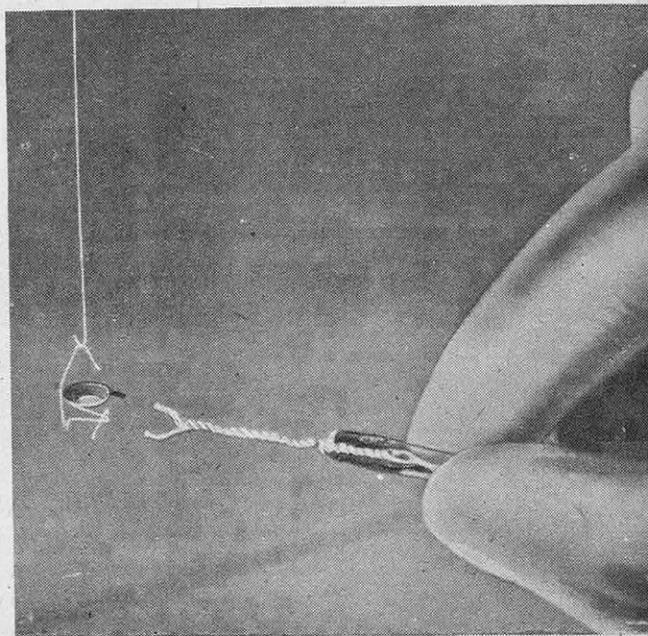


FIG. 9. — LE « PLATEAU » D'UNE MICROBALANCE A TORSION DE FIL DE QUARTZ.

Les dimensions de ce plateau constitué par une petite feuille de platine suspendue à un fil de quartz par un étrier d'aluminium sont visibles par comparaison avec la main de l'opérateur.

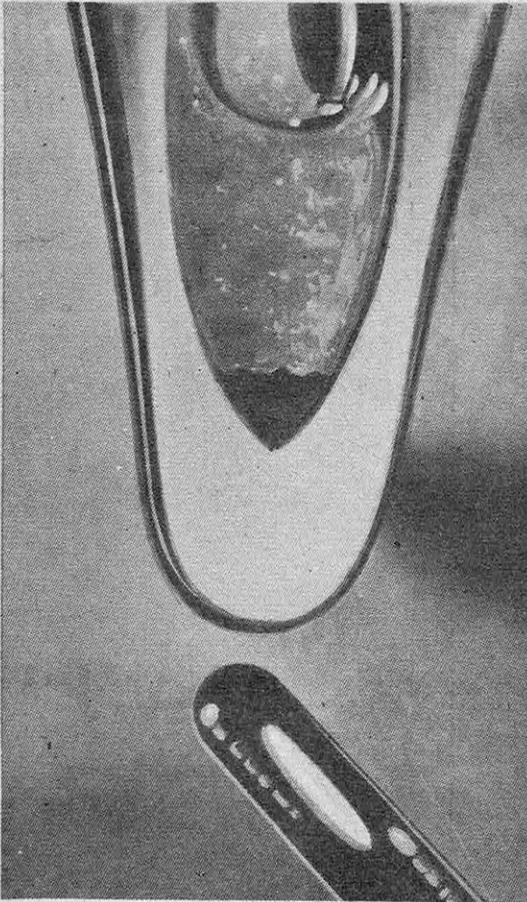


FIG. 10. — LE PREMIER SPÉCIMEN D'AMÉRICIUM (ÉLÉMENT 95) ISOLÉ PAR LE PROFESSEUR SEABORG

de quartz. L'une d'elles donne une précision de 0,02 microgramme pour des pesées allant jusqu'à 300 microgrammes et supporte une charge de 20 mg, ce qui, en valeur relative, est comparable à une balance qui serait capable d'effectuer des pesées de 1,5 g à 0,1 mg près, le produit à peser étant placé dans un récipient pouvant peser jusqu'à 100 g.

Grâce à l'ingéniosité des chercheurs américains, le passage de cette ultramicrochimie aux processus industriels de préparation du Plutonium s'effectua avec succès, et les résultats quantitatifs obtenus sous l'objectif du microscope se révélèrent d'une précision très satisfaisante.

Le Plutonium possède plusieurs valences (III, IV, V et VI). Pour le séparer de l'Uranium au sein duquel il est formé dans les piles et des produits de fission apparus en même temps que lui, on le précipite sous la forme tétravalente avec un entraîneur chimique approprié, tandis que la plupart des produits de fission restent en solution. Puis on dissout le précipité et on oxyde le Plutonium sous la forme hexavalente. On peut alors précipiter l'entraîneur, tandis que le Plutonium hexavalent reste en solution. Pour obte-

nir le Plutonium à un degré suffisant de pureté, il ne faut pas moins d'une trentaine de ces opérations de précipitation et de redissolution qui sont naturellement commandées à distance en raison de la nocivité des produits manipulés. Grâce à une modification des traitements chimiques, on a pu isoler en même temps le Neptunium 237 qui se forme à très faible dose dans les piles en même temps que le Plutonium.

Le Plutonium est un produit très toxique que l'organisme ne tolère pas à une dose supérieure à 0,5 microgramme. Il n'est pas éliminé et provoque la destruction des tissus par les particules alpha qu'il émet.

Aujourd'hui les savants atomiciens connaissent la chimie des composés du Plutonium aussi bien et même mieux que celle des éléments comme l'Argent ou le Cuivre. Malheureusement, leurs recherches sont tenues encore secrètes. D'après les renseignements qui ont été divulgués, on serait amené à concevoir une série d'éléments débutant avec l'Actinium par analogie et homologie avec la série des éléments des terres rares débutant avec le Lanthane (tableau fig. 11).

SÉRIE DU LANTHANE (terres rares)	SÉRIE DE L'ACTINIUM
Lanthane... $_{57}\text{La}$	Actinium... $_{89}\text{Ac}$
Cérium... $_{58}\text{Ce}$	Thorium... $_{90}\text{Th}$
Praséodyme... $_{59}\text{Pr}$	Protactinium... $_{91}\text{Pa}$
Néodyme... $_{60}\text{Nd}$	Uranium... $_{92}\text{U}$
Illinium... $_{61}\text{Il}$	Neptunium... $_{93}\text{Np}$
Samarium... $_{62}\text{Sm}$	Plutonium... $_{94}\text{Pu}$
Europium... $_{63}\text{Eu}$	Américium... $_{95}\text{Am}$
Gadolinium... $_{64}\text{Gd}$	Cérium... $_{96}\text{Cm}$
Terbium... $_{65}\text{Tb}$	
Dysprosium... $_{66}\text{Dy}$	
Holmium... $_{67}\text{Ho}$	
Erbium... $_{68}\text{Er}$	
Thulium... $_{69}\text{Tm}$	
Ytterbium... $_{70}\text{Yb}$	
Lutécium... $_{71}\text{Lu}$	
Hafnium... $_{72}\text{Hf}$	

FIG. 11. — LA CORRESPONDANCE ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA SÉRIE DU LANTHANE (TERRES RARES) ET LA SÉRIE DE L'ACTINIUM

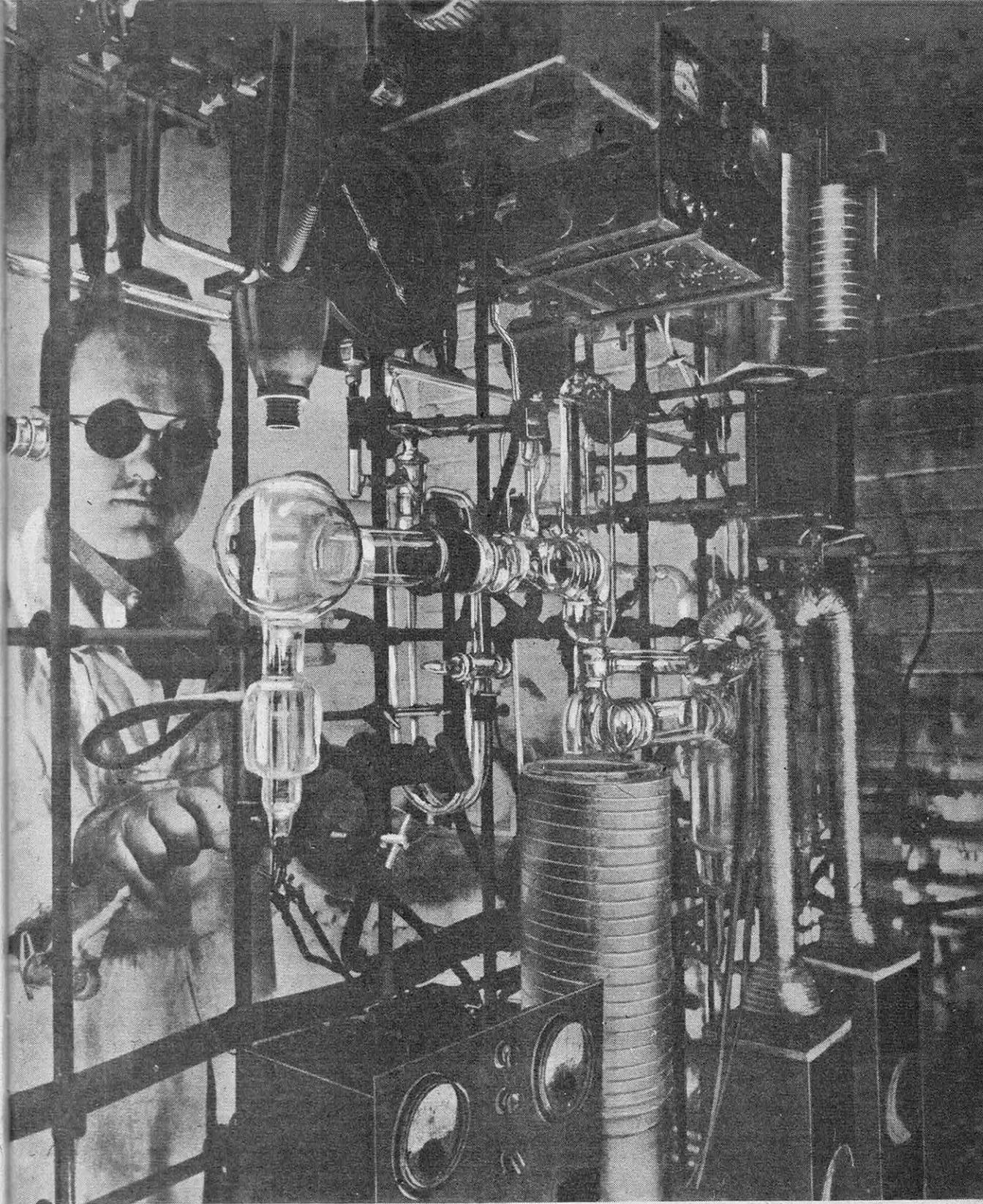


FIG. 12. — UN PETIT FOUR ÉLECTRIQUE SERVANT A LA RÉDUCTION DES MÉTAUX PURS A PARTIR DE LEURS OXYDES  
(LABORATOIRE DE L'UNIVERSITÉ DE CHICAGO)

*Le four se trouve à l'intérieur d'une ampoule de verre dans laquelle on entretient un vide très poussé. Les oxydes chauffés énergiquement se décomposent et, tandis que l'oxygène est éliminé par la pompe à vide, le métal se dépose en couche mince sur les parois de l'ampoule. L'opérateur protège ses yeux à la fois contre le rayonnement du four et contre l'éclatement possible de l'ampoule par une paire de lunettes noires.*

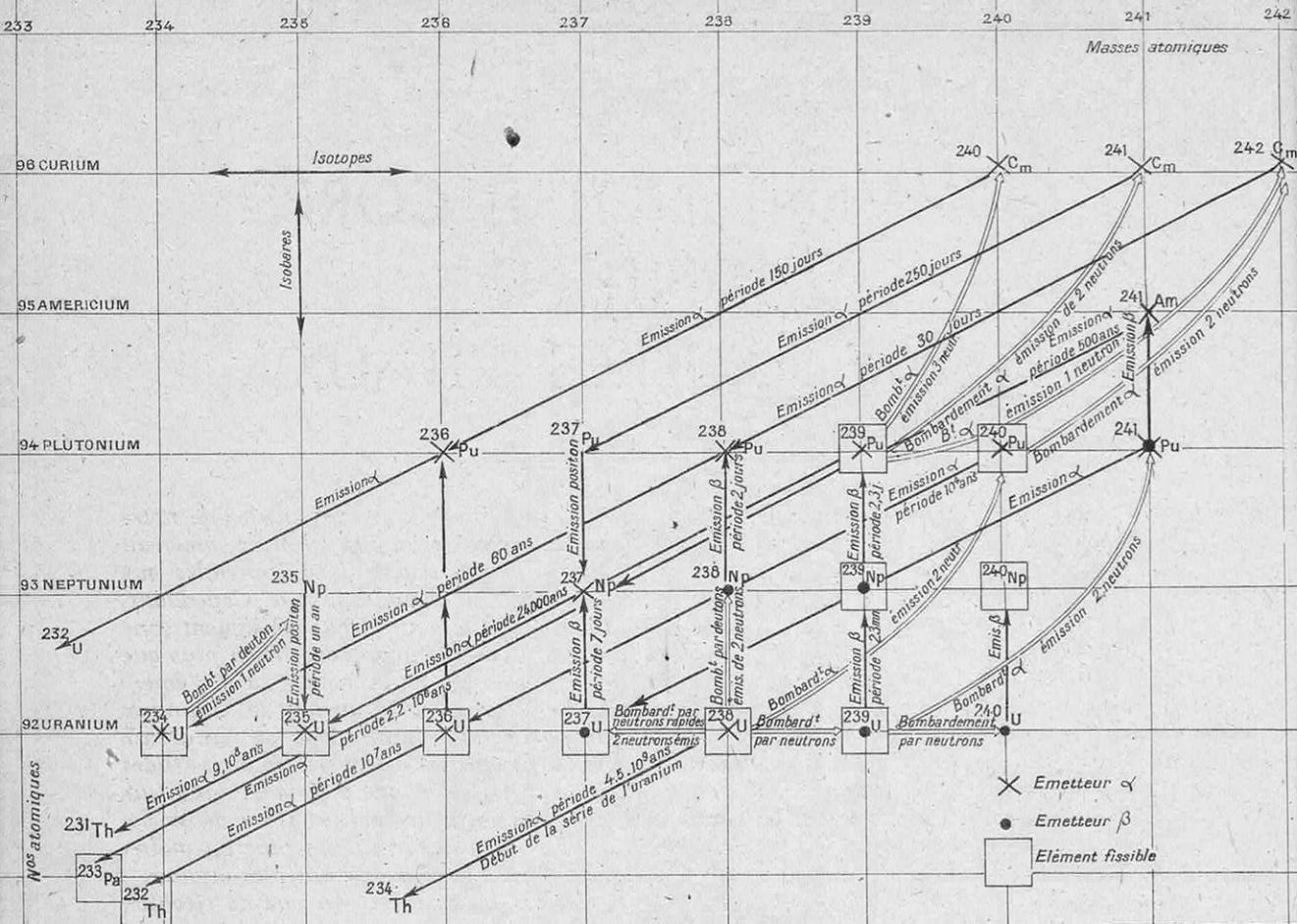


FIG. 13. — LES PRINCIPALES RÉACTIONS NUCLÉAIRES CONNUES DES CORPS TRANSURANIENS

### L'Américium et le Curium

Cette hypothèse se confirme d'ailleurs par la découverte à Chicago (Seaborg et ses collaborateurs) des éléments 95 et 96, auxquels ils ont donné le nom d'Américium (par analogie avec l'homologue Europium 63) et de Curium (en l'honneur des Curie et par analogie avec son homologue de la série du Lanthane, le Gadolinium 64 qui porte le nom du chimiste Gadolin).

L'Américium fut obtenu en bombardant l'Uranium par de particules alpha de 40 mégaélectron-volts (cyclotron de Berkeley). Une des réactions nucléaires ainsi provoquées, avec l'isotope 239, s'écrit :



Le Plutonium 241 est instable et se transforme en Américium  ${}_{95}^{241}\text{Am}$  par émission d'une particule bêta. L'isolation de l'Américium à l'état pur a été réalisé par le Dr Cunningham, qui opérait, selon les procédés de l'ultramicrochimie, sur des quantités encore plus faibles que celles qui ont permis de préparer le Plutonium ou le Neptunium. L'Américium est beaucoup plus radio-actif que le Plutonium 239 (sa période est de 50 ans, celle du Plutonium de 24 000 ans).

Le Curium fut obtenu en agissant de même sur le Plutonium 239 :



Les quantités de Curium que l'on a produites jusqu'ici n'ont pas permis de l'isoler pondéralement. Sa manipulation en quantités importantes

serait dangereuse étant donnée son intense radio-activité alpha (1 g équivaut à 15 kg de Radium).

### Les Transuraniens dans la nature

À mesure qu'on connaîtra mieux les propriétés des éléments transuraniens obtenus artificiellement dans les laboratoires atomiques, il est vraisemblable qu'on retrouvera certains d'entre eux à très faible dose dans la nature. Déjà Seaborg et Perlmann ont montré en 1942 que la pechblende contient du Plutonium (une partie de Pu pour  $10^{14}$  ou 100 000 milliards de parties de minéral). La présence sur la terre de ce radioélément de vie relativement courte (24 000 ans) peut s'expliquer par sa formation continue à partir de l'Uranium 238 bombardé par les neutrons « parasites » qui existent dans les matériaux terrestres, dans la radiation cosmique ou qui sont émis lors des fissions spontanées.

Sera-t-il possible de faire la synthèse d'atomes encore plus lourds et plus complexes que ceux des transuraniens déjà obtenus, ou existe-t-il une limite théorique à ces synthèses ? La connaissance que l'on possédait sur la structure des noyaux atomiques et sur leur stabilité avait amené les théoriciens à fixer la limite au numéro atomique 137. Mais des théories plus récentes ramènent cette limite à 96 et, si on l'admet, la liste des éléments est close avec le Curium. L'expérience départagera les deux théories.

M.-E. NAHMIA.

(Les photographies illustrant cet article sont extraites de la conférence de M. Pilon à la Société Française des Electriciens le 11 décembre 1946).

# COMMENT NOTRE CORPS MAINTIENT SES ÉQUILIBRES VITAUX

par D. DIAZ

*Les faits banaux de la vie courante démontrent l'extrême fragilité de la structure de notre corps. Une asphyxie de quelques minutes ou un choc électrique, par exemple, amènent rapidement la mort sans lésion apparente. Nous nous étonnons parfois d'apprendre que tel sujet, en apparence sain et vigoureux, a pu être emporté en quelques heures. Cependant, ce n'est pas la disparition d'un organisme délicat et complexe, contre lequel se lèvent sans répit les forces adverses colossales de la nature, qui devrait nous surprendre. Bien plus que la mort, c'est le maintien de la vie qui constitue, pour le biologiste, un constant sujet d'émerveillement, pour ne pas dire un perpétuel miracle. Les êtres vivants, surtout les animaux supérieurs, et l'homme parmi eux, possèdent une remarquable aptitude à se maintenir morphologiquement et physiologiquement identiques à eux-mêmes à travers les vicissitudes que leur imposent les variations du milieu extérieur et aussi celles que provoque, dans leur milieu intérieur, leur activité propre. C'est que la moindre influence perturbatrice déclenche d'elle-même et immédiatement la mise en action de mécanismes correcteurs plus ou moins complexes, dont l'analyse a montré qu'ils impliquent l'intervention de multiples organes : cœur, poumons, reins, rate, foie, nerfs, cerveau, glandes endocrines... en vue de rétablir, dans une harmonieuse coordination, l'équilibre vital un instant troublé.*

**D**E la naissance à la mort, le corps humain subit des transformations continues, les unes lentes, les autres relativement rapides, correspondant à sa croissance, puis à sa déchéance progressives. Compte tenu de cette évolution normale, il est impossible de ne pas constater que notre corps résiste remarquablement aux influences variables exercées sans cesse par le milieu extérieur. Cette constance, frappante du point de vue morphologique, l'est autant, sinon plus, du point de vue chimique.

Notre corps est traversé continuellement par un flux de matière et d'énergie sur lequel il prélève ce qui est nécessaire à son entretien. Les cellules de nos divers organes, exception faites de certains éléments hautement spécialisés, meurent et sont constamment remplacées, tout au long de notre vie. La substance même de nos structures et de nos humeurs se renouvelle de façon incessante. Nos tissus cependant gardent une composition constante. Les taux du glucose, des chlorures, des protéines dans l'organisme sont à peu près invariables, et cela non seulement chez un même individu à des époques différentes, mais aussi chez tous les individus de la même espèce, et, pour certains composants, chez des sujets appartenant à des espèces très diverses. Cette constance implique l'existence de mécanismes régulateurs qui assurent la stabilité de notre corps ; grâce à eux, un organisme vivant est capable d'atténuer tout d'abord, puis de neutraliser toute influence tendant à modifier sa composition. La vie se

fonde sur un état d'équilibre entre les forces destructrices et les forces conservatrices. Cet équilibre n'est pas un état d'inertie, il est un état dynamique et ne se maintient que grâce à des variations incessantes constamment maintenues entre des limites extrêmes très étroites. Pour le définir le célèbre physiologiste américain Cannon a suggéré l'emploi du terme « homéostasie » qui le distingue des équilibres purement physicochimiques (1).

Notre organisme est constitué de myriades de cellules groupées en tissus et organes et baignant dans un liquide, que notre revêtement cutané isole de l'extérieur : c'est le milieu interne ou *liquide lacunaire*.

C'est dans ce liquide que les cellules puisent les substances qui sont nécessaires à leur développement et déversent les produits de leur activité.

La vie des différents tissus de notre organisme apporte donc des variations locales dans l'état du liquide lacunaire, variations qui sont corrigées par la circulation du sang. Le sang, contenu dans les artères, les capillaires et les veines, d'une part absorbe et d'autre part diffuse diverses substances dans le liquide lacunaire. Ces deux mouvements se font au niveau des capillaires ; les artères et les veines jouent seulement le rôle de canaux collecteurs (fig. 1).

La vitesse avec laquelle le sang circule assure

(1) Voir « La Sagesse du Corps », par W.-B. Cannon, professeur de physiologie à l'Université de Harvard, Éditions de la N. R. C., 17, rue de Sèvres, Paris, d'où a été extraite, en particulier, la figure 1 ci-après.

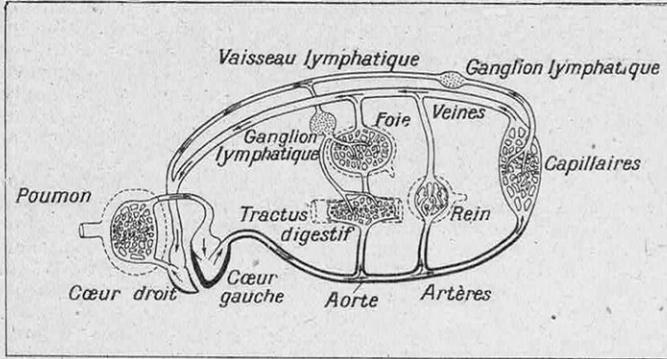


FIG. 1. — SCHÉMA DE LA CIRCULATION DU SANG ET DE LA LYMPHE DANS NOTRE CORPS (D'APRÈS CANNON)

Le sang est envoyé par le cœur gauche dans les artères et passe dans les capillaires qui irriguent les divers organes de notre corps. Il transporte l'oxygène, cède ou reçoit des produits nutritifs, se charge ou se débarrasse des déchets rejetés par les organes. Il retourne alors au cœur droit par les veines. De là il est lancé dans les poumons et revient ensuite au cœur gauche. L'ensemble du cycle ne dure que de 15 à 23 secondes. La lymphe est le liquide qui a filtré à travers la paroi des capillaires et qui baigne nos tissus. Elle est collectée par les vaisseaux lymphatiques qui la ramènent aux veines à proximité du cœur.

une répartition égale entre tous les points de notre organisme de tous les produits nécessaires à la vie des cellules et de ceux dus à leur activité. Il nous suffira donc de considérer la composition du sang et d'étudier les principaux mécanismes qui assurent le maintien de son équilibre physicochimique et, d'une manière plus générale, lui permettent d'assurer sans défaillance son rôle capital dans l'économie de notre corps.

### L'hémorragie

Le sang est avant tout un transporteur. Pour remplir correctement son rôle, il ne doit pas seulement posséder une composition déterminée, mais exister en quantité suffisante.

La quantité normale de sang chez l'homme a été évaluée entre 8 et 10 % du poids du corps, ce qui donne environ 6 litres pour un sujet de 70 kg. Une perte de sang importante, entre 50 et 70 %, peut parfois être supportée, mais des troubles graves peuvent déjà se produire pour des déficiences beaucoup moins importantes.

Le danger que fait courir une hémorragie tient à des causes diverses : la diminution de la pression artérielle rend plus difficiles les échanges avec les tissus ; le déficit en globules rouges diminue la capacité de transport d'oxygène ; la perte de liquide soustrait l'eau nécessaire à toutes les transformations métaboliques. Le résultat en est un ralentissement général de l'activité cellulaire. Ainsi que l'a démontré Aub, une diminution de la pression sanguine d'environ 60 mm de mercure suffit pour abaisser les combustions de 30 %.

L'organisme a des moyens de lutter contre l'hémorragie et les troubles qui en résultent (1). Le vaisseau lésé se rétracte, diminuant sa section ; le sang se coagule au contact du tissu lésé. Ce sont là des mécanismes locaux tendant à endiguer la perte de liquide. L'organisme tout entier réagit de même contre la diminution de

pression sanguine et le déficit en globules rouges. Les vaisseaux périphériques de la peau des muscles et des viscères se contractent, diminuant la capacité du système vasculaire. Le cœur bat plus vite, du liquide est attiré des espaces lacunaires vers le sang, la rate se contracte, expulsant dans le torrent circulatoire ses réserves en globules rouges. Tous ces phénomènes s'effectuent parallèlement et collaborent au rétablissement d'un régime normal. D'autres facteurs viennent s'ajouter pour prévenir la persistance du danger : la glycémie (teneur du sang en glucose) s'élève et, d'autre part, le pouvoir de coagulation du sang est en rapport direct avec l'importance de l'hémorragie. Ce dernier phénomène est lié à l'activité hépatique (Wolf). On admet que toutes ces réactions de défense sont dues à l'intervention du système nerveux autonome. Ce sont des réactions compensatrices immédiates. Plus tard, l'organisme régénérera petit à petit les spoliations : la moelle osseuse

répare les pertes en protéines, en globules blancs et rouges, la perte de liquide éveille la sensation de soif (fig. 2).

Les hémorragiques demandent toujours impérieusement à boire. La soif est une sensation de sécheresse ressentie au niveau du pharynx. D'après Cannon, la sécrétion des glandes salivaires serait le moyen par lequel l'organisme manifesterait l'état de ses réserves en eau. Lorsque ces réserves viennent à baisser, la sécrétion de ces glandes peut diminuer et s'arrêter si le déficit en liquide est trop important. Ce ralentissement de la sécrétion entraîne une diminution d'humidité au niveau de la muqueuse du pharynx qui détermine la sensation de sécheresse de la bouche et aboutit à la soif.

D'autres auteurs estiment que la sensation de soif est un phénomène général dû à des variations de composition du sang, qui agiraient comme excitants des terminaisons nerveuses, ou directement sur le système nerveux central.

### La régulation du glucose sanguin

Parmi les nombreux matériaux qu'utilise l'organisme (glucides, lipides, protides, vitamines, sels minéraux), le glucose est, sous certains aspects, le plus important. On trouve le glucose dans le sang au taux (glycémie) approximatif de 1 g/l. La glycémie normale ne s'écarte guère de quelques centigrammes en plus ou en moins de ce chiffre moyen. Cette rigueur rapproche la régulation glycémique de la régulation de la température, de celle de la tension osmotique et de celle du taux d'acidité sanguine.

L'étude du maintien de la constance glycémique (fig. 3 et 5) est un exemple typique de la tendance de l'organisme à maintenir son homéostasie.

L'ingestion de 50 g de glucose par un sujet à jeun est, dans l'heure consécutive, suivie d'une hyperglycémie de 2 à 4 dg par litre. Cette hyperglycémie a disparu au bout de deux heures.

(1) Voir : « L'hémorragie » (*Science et Vie*, n° 344, mai 1946).

L'injection intraveineuse d'une quantité de glucose correspondant à 0,75 g par kg de poids du sujet détermine une augmentation immédiate du taux du glucose sanguin qui peut aller à 4 ou 6 g par litre. Au bout de deux heures, la glycémie est revenue à la normale. Comment expliquer ces faits ?

L'élévation soudaine de la glycémie provoque un passage de glucose dans les espaces lacunaires. Si, dans l'expérience ci-dessus, on a la précaution de doser simultanément les glycémies veineuse et artérielle, on peut constater que la première est bien inférieure à la seconde, et que cette différence est plus élevée que chez le sujet normal : le passage du glucose du sang vers les tissus est donc sensiblement accru. Le dosage concomitant du glucose dans les tissus (peau, etc.), confirme ce point de vue.

On explique ce processus en disant que le glucose en excès inonde les tissus, ou que ceux-ci « stockent » le glucose (Soula).

Il s'agit ici d'un mécanisme soumis en apparence aux seuls facteurs physicochimiques de la diffusion. Ce n'est qu'une mesure d'urgence, le glucose n'est emmagasiné que provisoirement dans les espaces lacunaires. Secondairement à ce stockage, l'excès de glucose est repris aux espaces lacunaires pour être définitivement stocké et transformé au niveau du foie et des muscles sous forme de glycogène (polymère du glucose), forme stable qui est la forme de réserve susceptible de redonner ultérieurement du glucose. Des études récentes ont montré d'autre part que l'hyperglycémie entraîne une plus grande consommation de glucose de la part des tissus.

Il faut signaler aussi que lorsque la glycémie dépasse 1,80 par litre il apparaît du glucose dans les urines.

La diminution du taux de la glycémie, ou hypoglycémie, peut être provoquée facilement par injection d'insuline. Elle s'observe spontanément chez les sujets inanitiés depuis longtemps, ou chez ceux qui viennent de fournir un effort musculaire intense. Elle entraîne des troubles dès que la glycémie tombe au-dessous de 0,75 g par litre, troubles qui peuvent aller de la sensation de faim, de l'inquiétude, des vertiges, aux convulsions, au délire, au coma et à la mort; si l'abaissement a été trop important. L'ingestion de glucose, dans les cas de troubles légers, et l'injection intraveineuse de sérum glucosé, dans les cas

graves, rétablissent rapidement la situation.

Dans les conditions normales, c'est le foie qui maintient constant le taux glycémique en déversant dans le sang du glucose libéré des réserves glycogéniques, s'il y a tendance à l'hypoglycémie ou si la consommation de glucose par l'organisme augmente considérablement (travail musculaire).

Dans la restauration de la glycémie à son niveau normal, le foie fait appel au glycogène stocké, mais il peut aussi recourir aux protéines et aux graisses. Au cours de l'exercice musculaire, il régénère du glycogène à partir de l'acide lactique qui provient de l'utilisation du glucose par le muscle en travail.

Ces phénomènes de régulation sont conditionnés par de nombreux facteurs, tous solidaires les uns des autres, et intégrés dans leur action par le système nerveux.

L'insuline, hormone élaborée par le *pancréas* a une action hypoglycémiant. Elle favorise la formation par le foie et le muscle de

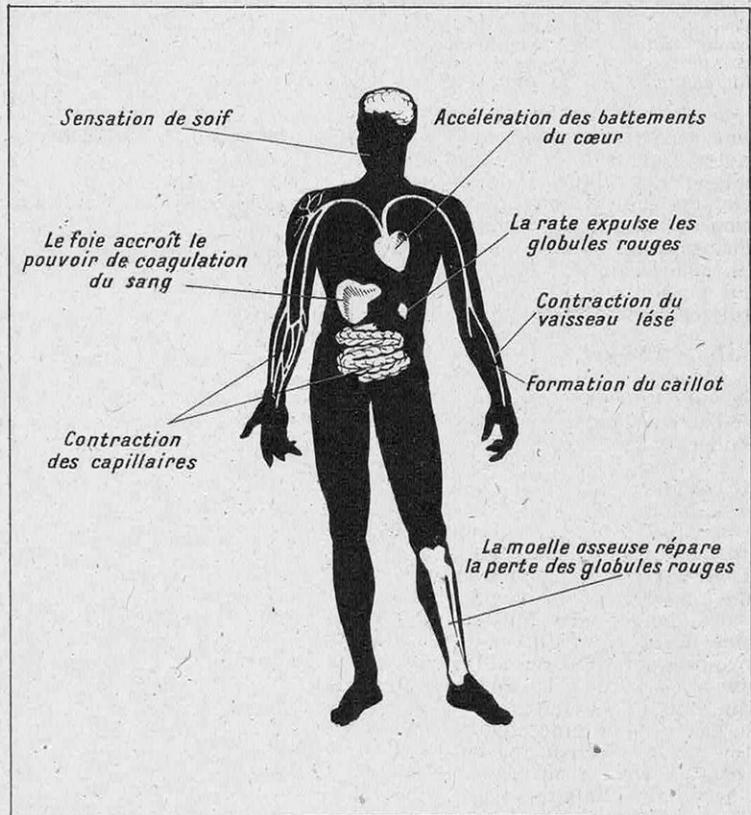
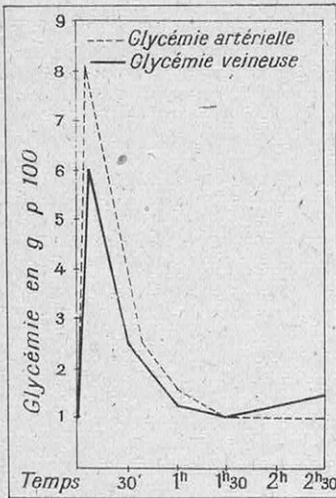


FIG. 2. — LES MÉCANISMES DE DÉFENSE MIS EN JEU PAR L'ORGANISME POUR LUTTER CONTRE UNE HÉMORRAGIE

En cas de perte de sang abondante, il se produit immédiatement : une accélération des mouvements du cœur et une vaso-constriction générale qui réduit le volume de l'appareil circulatoire et l'adapte à son contenu sanguin réduit; sous l'influence du foie, une augmentation de la coagulabilité sanguine, qui entraîne la formation d'un caillot; des contractions de la rate qui lancent dans le torrent circulatoire un complément de globules rouges; enfin, un appel d'eau des tissus vers le sang qui s'accompagne d'une impression de soif qui amène le blessé à compenser la perte de liquide. Plus tardivement, on observe une activité accrue de tout le système hématopoïétique et principalement de la moelle osseuse, chargée de la régénération des globules perdus.



les tissus : le sang veineux est plus riche en glucose que le sang artériel.

glycogène aux dépens du glucose et, d'autre part, elle augmente la consommation tissulaire du glucose. De ce fait, elle entraîne la disparition du glucose du sang. L'hyperglycémie d'ailleurs déclenche une augmentation de sécrétion d'insuline qui, par la baisse du sucre sanguin qu'elle détermine, apporte une correction à cette hyperglycémie initiale. C'est généralement à un déficit de sécrétion d'insuline qu'est dû le diabète.

L'extirpation du lobe antérieur de l'hypophyse est suivie d'hypoglycémie et d'hypersensibilité à l'insuline. Il existerait une hormone diabétogène hypophysaire s'opposant à l'insuline ;

FIG. 3. --- COURBE MONTRANT LE STOCKAGE DU GLUCOSE DANS LES TISSUS APRÈS INJECTION INTRA-VEINEUSE

Pendant un certain temps après l'injection le sang artériel est plus riche en glucose que le sang veineux, ce qui prouve que du sucre est abandonné dans les tissus. Au bout d'une heure et demie le phénomène s'inverse, le sucre est restitué par

elle agirait en favorisant la décomposition du glycogène hépatique et aurait pour effet d'augmenter la teneur en glucose du sang.

La *medullasurrénale*, c'est-à-dire la partie centrale des glandes surrénales, sécrète l'adrénaline qui agit sur la glycémie en sens inverse de l'insuline.

La cortex surrénal, la thyroïde ont aussi une action d'augmentation sur la glycémie.

Les facteurs hormonaux que nous venons de passer rapidement en revue ne sont pas les seuls à déterminer le taux du glucose sanguin ; le système nerveux y joue également un rôle capital. Claude Bernard a pu provoquer une hyperglycémie par une simple piqûre de la substance cérébrale au niveau du plancher du quatrième ventricule. Depuis, on a pu montrer, chez l'animal, que l'excitation électrique du bout cérébral du nerf pneumogastrique sectionné entraîne une hyperglycémie. L'excitation chemine vers les centres par le nerf pneumogastrique et se réfléchit vers la périphérie par les nerfs splanchniques dont l'excitation suffit à déterminer l'élévation du taux du sucre sanguin. Les recherches les plus récentes ont enfin permis de mettre en évidence au niveau de la base du cerveau, dans l'hypothalamus, la réalité d'un centre nerveux régulateur du métabolisme du glucose et, par conséquent, de la glycémie.

#### La régulation de l'apport d'oxygène

Les besoins de l'organisme en oxygène sont beaucoup plus impérieux que tous les autres. L'organisme ne possède aucune réserve d'oxygène ; force lui est de s'en procurer d'une façon continue dans l'air qui le contient dans la proportion de 21 % et de le distribuer aux tissus. C'est le rôle des fonctions respiratoire et circulatoire. L'arrêt de la respiration pendant quelques minutes suffit pour provoquer des troubles qui peuvent être irréparables. Dans les condi-

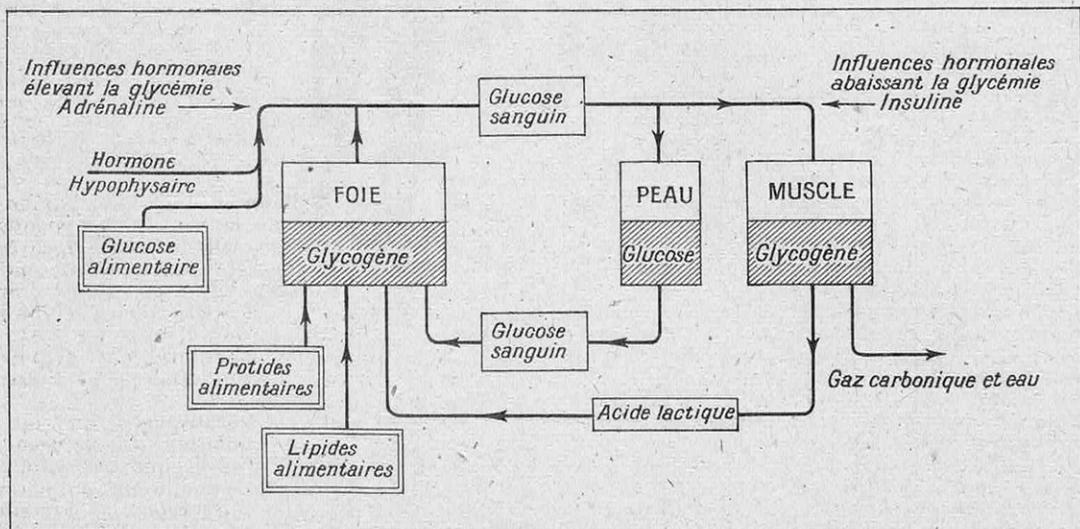


FIG. 4. — SCHEMA INDIQUANT LES MOUVEMENTS DU GLUCOSE A L'INTERIEUR DE L'ORGANISME (D'APRES SOULA)

Le glucose absorbé au niveau de l'intestin traverse le foie et se trouve provisoirement stocké en nature dans la peau et les espaces lacunaires des tissus (lutte contre l'hyperglycémie) : le stockage définitif se trouve réalisé sous forme de glycogène dans le foie et dans le muscle. Les deux autres catégories d'aliments : protides, lipides, peuvent également intervenir dans la constitution des réserves glycogéniques du foie. Les sécrétions hormonales interviennent pour fixer le taux glycémique. Les unes l'abaissent (insuline), les autres l'élèvent (adrénaline, hormone hypophysaire).

tions normales de vie, la respiration pulmonaire arrive à satisfaire intégralement le besoin en oxygène des cellules du corps. Lorsque le fonctionnement des cellules est accru, il faut que l'organisme absorbe davantage d'oxygène et le distribue plus rapidement aux tissus.

Pour un homme au repos, la consommation d'oxygène est de 300 à 400 cm<sup>3</sup> par minute. Au cours d'un exercice musculaire intense, ce besoin peut passer à 15 litres par minute. Mais la quantité maximum d'oxygène que le jeu forcé de la ventilation pulmonaire peut introduire dans l'organisme est de l'ordre de 4 litres par minute seulement. Elle est donc insuffisante, et, dans le travail intense, il se crée une dette d'oxygène : comme l'oxygène est surtout utilisé à la combustion de l'acide lactique résultant de la scission du glucose musculaire, le défaut d'un apport suffisant d'oxygène s'accompagne d'une accumulation d'acide lactique dans le corps et en particulier dans le sang. Cette élévation du taux de l'acide lactique sanguin est l'une des causes de la limitation de l'effort. Celui-ci ne peut être prolongé au delà d'une certaine durée : le coureur de 100 m qui fait un effort intense pendant quelques secondes s'effondre à l'arrivée. Il continue alors pendant un certain temps à s'hyperventiler, à accroître son absorption d'oxygène pour payer la dette contractée pendant la course : cet excès d'oxygène brûle l'acide lactique accumulé pendant l'effort.

L'accroissement de l'absorption d'oxygène est assuré par une augmentation du rythme et de la profondeur des mouvements respiratoires. Cette augmentation est à la fois volontaire et réflexe : volontaire, parce que le sujet a la notion du besoin d'oxygène ; réflexe, parce que l'élévation du taux de l'acide lactique sanguin détermine une excitation directe des centres nerveux du bulbe, régulateurs des mouvements respiratoires. Automatiquement, le bulbe répond à l'effort, dont il est prévenu par les modifications du taux d'acide lactique, par une accélération et un accroissement d'amplitude de la respiration. Ces réactions permettent une absorption accrue d'oxygène au niveau des poumons (fig. 6 et 7).

D'autre part, une accélération du rythme cardiaque augmente le débit sanguin et assure la distribution de l'excès d'oxygène aux tissus. Elle est automatiquement assurée par les modifications de la composition du sang pendant

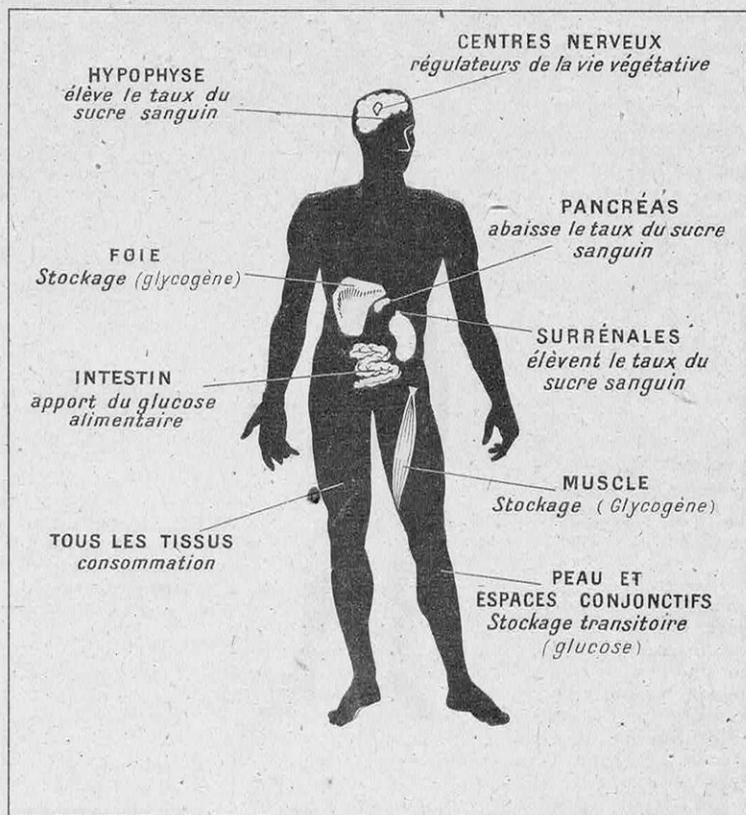


FIG. 5. — LES MÉCANISMES DE RÉGULATION DU Taux DU SUCRE SANGUIN

Oscillant entre l'apport de glucose par l'alimentation et son utilisation continue par les tissus, l'équilibre glycémique est assuré par des mécanismes complexes. Le stockage immédiat du sucre en excès au moment de la digestion peut se faire en nature dans les tissus, et en particulier dans la peau et les espaces lacunaires. La mise en réserve stable se fait dans le foie et les muscles sous forme de glycogène et, peut-être même, sous forme de réserves plus élaborées (graisse). La fixité du taux du sucre sanguin est commandée par des réactions d'équilibre mettant en jeu, à côté du système nerveux central, dont le rôle est encore mal précisé, diverses glandes endocrines dont les unes (pancréas) tendent à faire baisser la glycémie, et les autres (hypophyse, capsules surrénales) à l'élever.

l'effort. L'ondée cardiaque, c'est-à-dire la quantité de sang chassée dans les vaisseaux à chaque contraction du cœur, est elle-même augmentée et vient accroître le débit sanguin et, par conséquent, l'apport d'oxygène aux tissus. Par ces deux mécanismes, accélération du rythme cardiaque, et augmentation de l'ondée systolique, le débit sanguin par minute dans le poumon et dans la circulation générale peut être triplé.

Il existe en outre un mécanisme périphérique de régulation de la circulation de l'oxygène. Lorsqu'un organe travaille et que ses besoins en oxygène sont accrus, de nombreux capillaires fermés dans l'organe au repos, s'ouvrent et augmentent ainsi la quantité de sang qui traverse l'organe. Dans le muscle qui se contracte, Krogh a vu passer de 85 à 320 le nombre des capillaires perméables par millimètre carré. Simultanément, les nerfs vaso-moteurs, agissant sur le calibre des vaisseaux, réduisent le débit dans les organes au repos. C'est ainsi que, pendant l'effort, la masse sanguine

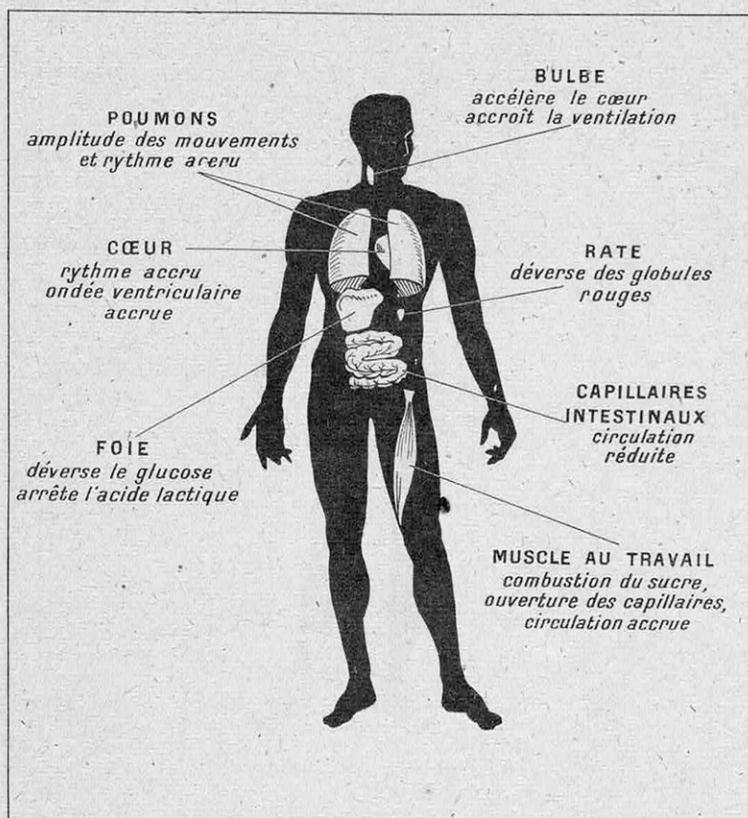


FIG. 6. — LES RÉACTIONS CONSÉCUTIVES A UN EFFORT PHYSIQUE VIOLENT.

L'acide lactique et l'anhydride carbonique, produits par le muscle qui travaille, passent dans le sang et accroissent son acidité. Le bulbe réagit par une accélération des mouvements du cœur et une augmentation de leur amplitude, ainsi que par un accroissement de la ventilation pulmonaire. Le foie déverse un excès de glucose dans le sang, les réserves du muscle en glycogène fondent. En même temps, les vaisseaux capillaires s'ouvrent en plus grand nombre dans les muscles qui travaillent, tandis qu'ils se ferment dans les parties du corps au repos. Enfin, en cas d'effort violent et prolongé, la rate introduit dans le sang un complément de globules rouges, transporteurs d'oxygène.

est déplacée des viscères aux muscles, alors que, pendant la digestion, c'est l'inverse qui se produit.

Sous l'influence d'un effort musculaire intense, la rate se contracte, déversant dans le sang un supplément de globules rouges, et augmentant ainsi sa capacité de transport pour l'oxygène.

Il faut enfin signaler que, dans le sang lui-même, l'accumulation de l'acide lactique et de l'anhydride carbonique entraîne une décomposition plus complète de l'oxyhémoglobine et assure ainsi une libération accrue d'oxygène au niveau des tissus. Le sang veineux qui sort d'un muscle qui se contracte peut être complètement débarrassé de la totalité de son oxygène. La quantité d'oxygène que reçoit l'organe actif est donc encore accrue de ce fait.

### La régulation de l'acidité

Le liquide sanguin est sensiblement neutre. On sait que la neutralité correspond à un  $pH$  de 7 (1). Le  $pH$  du plasma, légèrement alcalin,

(1) Le  $pH$  est un indice qui mesure la concentration en ions hydrogène dans le liquide. Il est supérieur à 7 pour les liquides alcalins et inférieur à 7 pour les acides.

est remarquablement constant et se maintient à quelques centièmes près au voisinage de 7,35. De très faibles variations sont l'indice de désordres graves. La vie pendant un temps prolongé est incompatible avec un  $pH$  plasmatique inférieur à 7.

Malgré la production d'acide par l'organisme vivant, acide carbonique, acide lactique... et les spoliations d'acide ou de base par les sécrétions digestives, la régulation du  $pH$  plasmatique est extrêmement stricte. Elle est essentiellement assurée, dans un premier stade, par la présence dans l'organisme de substances dites « tampon » corrigeant les perturbations que seraient capables d'apporter, à l'alcalinité du milieu sanguin, l'introduction ou la perte d'acides ou de bases. Les bicarbonates, les phosphates et les protéines du sang sont les tampons essentiels du liquide intérieur. Un tampon est généralement constitué par le sel d'un acide faible avec une base forte. Supposons que soit introduite dans le torrent circulatoire une quantité importante d'un acide fort, de l'acide lactique par exemple. Le bicarbonate de soude du plasma (sel de l'acide carbonique faible avec une base forte la soude) est immédiatement décomposé avec formation de lactate de soude et libération d'acide carbonique faible. A l'acide

fort ainsi neutralisé s'est substitué à l'état libre un acide faible peu dissocié n'entraînant qu'une faible modification du  $pH$ . Le bicarbonate a joué le rôle de tampon amortissant, par substitution d'un acide faible à un acide fort, l'action acidifiante de l'acide lactique.

L'action des tampons est une action d'urgence. Elle ne peut se prolonger indéfiniment. La régulation ultérieure met en jeu les organes éliminateurs. L'acide carbonique est rapidement éliminé par le poumon sous la forme de gaz carbonique et celui qui reste en excès dans le sang amène, par un processus d'automatisme neuro-humoral, une hyperventilation pulmonaire qui hâte son élimination. De la même manière, le rein intervient pour éliminer les lactates, ou les phosphates lorsque ceux-ci sont mis en jeu dans la lutte contre l'acidose. Le foie peut également intervenir. La régulation contre une tendance à l'accumulation de produits alcalins est inverse. Il y a ralentissement respiratoire et augmentation de l'élimination des bases par les reins.

Les possibilités de défense de l'organisme dans la lutte contre l'acidose peuvent être précisément mesurées par la teneur en bicarbonate du

plasma. C'est ce que l'on appelle la réserve alcaline. Tant que celle-ci est suffisante, le danger d'acidose est écarté.

### La régulation de la température

L'homme est un homéotherme : la température du corps, quelles que soient les conditions extérieures, doit être maintenue au voisinage de  $37^{\circ}\text{C}$  qui est la température de fonctionnement optimum pour l'activité cellulaire. L'organisme doit donc être capable de lutter contre les répercussions sur sa propre température des variations de la température extérieure.

Lorsque celle-ci s'accroît, la température du corps a tendance à monter : les nerfs vaso-dilatateurs entrent en action et, par la vaso-dilatation des vaisseaux de la peau, accroissent les pertes de chaleur par rayonnement : la peau rougit. Si ce moyen est insuffisant, les glandes sudoripares interviennent. La sudation couvre la peau d'une couche liquide qui, par son évaporation, entraîne une perte de calories considérable pour l'organisme. La perte d'eau par évaporation peut être très élevée : des études étendues ont été faites au cours de la guerre du désert par les physiologistes américains qui ont déterminé les quantités d'eau à donner aux soldats soumis aux températures élevées du désert pour que soit maintenu le contenu normal en eau des tissus. On observe également une accélération du rythme respiratoire, dite polynée thermique, qui accroît l'évaporation d'eau au niveau des poumons et entraîne aussi une déperdition de chaleur. Ce dernier mécanisme intervient seul pour nombre d'animaux dépourvus de glandes sudoripares. Enfin l'organisme peut encore intervenir en limitant au maximum sa propre production de chaleur, en ralentissant ou arrêtant toute activité, musculaire en particulier.

Lorsque la température extérieure baisse, l'organisme doit lutter contre le froid. Les organes ou groupes d'organes qui interviennent dans cette lutte sont nombreux. Les premières réactions sont celles du système circulatoire. La tendance à la baisse de la température interne déclenche une vaso-constriction des vaisseaux de la peau qui limite au maximum les échanges par rayonnement et déplace le sang vers les organes profonds. Il semble que les accidents de gelure qui apparaissent après une exposition trop prolongée au froid soient le fait des troubles du métabolisme cellulaire dus au ralentissement de la circulation cutanée, et l'on peut dire qu'un arrêt total de ce métabolisme aurait des conséquences moins graves que les viciations métaboliques qui se produisent sous l'effet de la vaso-constriction périphérique. Sous l'influence du froid, la glycémie augmente, ce qui favorise les combustions. On voit apparaître des contractions musculaires involontaires (frissons) ou volontaires, génératrices de chaleur, et les procédés bien connus qui consistent à taper des pieds, à secouer les bras, pour se réchauffer, sont autant de moyens d'augmenter la production de calories.

Au cours du refroidissement, la viscosité sanguine augmente et peut atteindre des valeurs plus élevées que dans toute autre circonstance clinique.

Le système nerveux intervient au premier chef dans la lutte contre le froid. Des recherches récentes ont montré que les terminaisons des nerfs trijumeaux (cinquième paire crânienne) et les voies respiratoires supérieures sont spéciale-

ment sensibles aux changements de température. Par un mécanisme réflexe, le trijumeau déclenche une augmentation de la circulation dans le domaine de la veine cave supérieure et protège contre les variations de la température extérieure les organes sensibles de la base du cerveau. Les régions de la nuque et de l'occiput, moins bien protégées, sont particulièrement vulnérables, et les accidents de l'hypothermie sont particulièrement graves lorsque ces deux régions sont exposées au froid. Il a été également montré que l'immersion dans l'eau froide

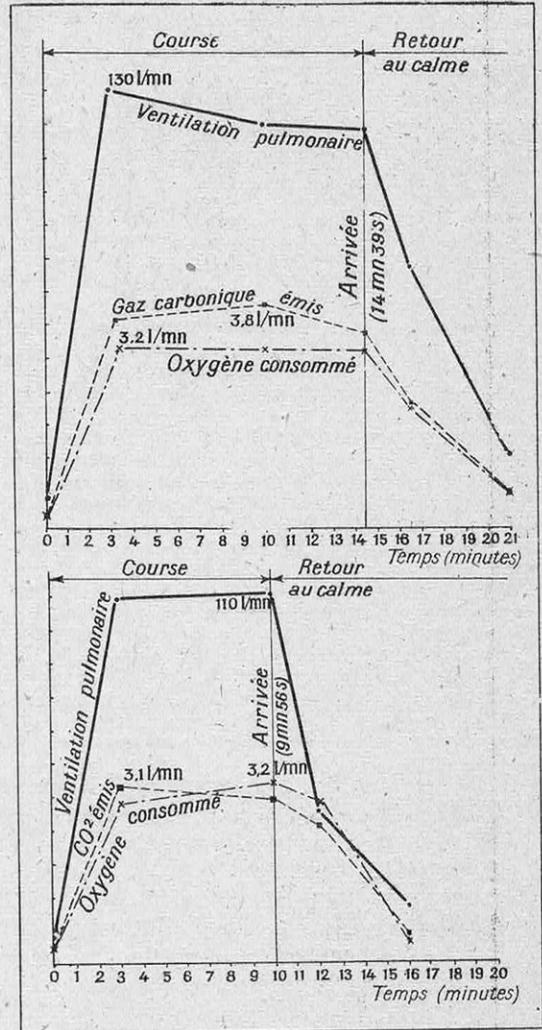


FIG. 7. — LES ÉCHANGES RESPIRATOIRES PENDANT UNE COURSE DE 3 000 M (D'APRÈS BOIGEY)

En haut : les courbes de la ventilation pulmonaire (volume d'air circulant par minute dans les poumons), de la consommation d'oxygène et de la production de gaz carbonique pour un coureur normalement constitué et sans entraînement ayant couvert la distance en 14 mn 39 s. En bas : les mêmes courbes relatives à un coureur très entraîné ayant couvert la distance en 9 mn 56 s. Les échanges respiratoires du deuxième sont plus modérés et n'accusent pas de variations aussi amples. Le retour à la normale est plus rapide.

s'accompagne d'un refroidissement plus rapide et entraîne des troubles plus importants que l'abaissement de température d'une atmosphère gazeuse.

Il existe un centre régulateur cérébral thermique sensible aux variations de la température du sang, mais dont l'activité peut être mise en jeu par des mécanismes réflexes à point de départ cutané : il existe sur toute la surface de la peau des récepteurs de température spécialisés sensibles au chaud et au froid : ces récepteurs sont inégalement répartis : peu nombreux au niveau des jambes ils sont beaucoup plus importants dans la zone du trijumeau (œil, nez, maxillaires).

### Marges de sécurité et défense de l'organisme

Le maintien de l'homéostasie est conditionné par le fonctionnement correct des divers organes du corps, et au premier chef, ainsi que nous l'avons vu, par l'intégrité du système nerveux. Toute destruction ou même ralentissement fonctionnel d'un des organes du corps peut entraîner de graves perturbations de l'équilibre qui, dans certains cas, peuvent aller jusqu'à la mort.

L'organisme est néanmoins construit pour résister, dans certaines limites, aux déficiences organiques : de nombreuses suppléances sont possibles. La marge de sécurité dans l'organisme est relativement étendue. Presque tous les organes sont doubles. L'ablation d'un rein est possible sans conséquences graves. Dans un organe déterminé il est très rare que la totalité des éléments cellulaires travaille simultanément. Dans le rein, la majorité des glomérules sont au repos pendant que les autres jouent leur rôle de filtres. Au niveau du poumon, chez l'homme au repos, une faible proportion des alvéoles suffit à assurer les échanges entre le sang et l'air atmosphérique. La suppression fonctionnelle de l'un des poumons par un pneumothorax artificiel est très compatible avec la poursuite d'une vie normale. Il suffit d'un cinquième du pancréas pour assurer

une sécrétion d'insuline convenable sans apparition du diabète.

Cette marge de sécurité existe même dans une certaine mesure pour les tissus les plus fragiles et les plus hautement spécialisés comme le système nerveux, le seul qui, lorsque ses corps cellulaires sont détruits, ne soit pas susceptible de régénération. On a pu enlever des portions importantes du cerveau sans entraîner la mort.

Bien qu'il n'entre pas dans le cadre de cet exposé d'étudier les moyens de défense de l'organisme contre les agressions extérieures, en particulier microbiennes, nous rappellerons que l'introduction de bactéries ou de toxines antigènes dans le corps des animaux provoque la production et la libération dans le sang, par les globules blancs, le système réticulo-endothélial, les surrénales, etc., de substances de défense (anticorps) capables soit d'agglutiner et de détruire ces bactéries, soit de neutraliser les toxines. Mais il s'agit là de la production de corps nouveaux et non de la mise en jeu des processus de régulation physiologique qui sont seuls en rapport avec l'homéostasie.

Les quelques exemples précédents nous ont permis de mettre en évidence la richesse et la complexité des mécanismes destinés à maintenir l'équilibre des organismes supérieurs au cours du fonctionnement normal. Tous ces mécanismes sont solidaires, et cette solidarité est réalisée par voie sanguine et par voie nerveuse.

Cependant, alors que l'équilibre est toujours maintenu dans des limites très étroites, les facteurs qui assurent ce maintien n'en peuvent pas moins agir de manières très diverses. Pour chaque individu, la régulation s'effectue préférentiellement par tel ou tel mécanisme. Dans l'avenir, l'étude statistique des constantes homéostatiques et des procédés préférentiels de régulation pour chaque individu particulier doit permettre de définir physiologiquement les divers tempéraments, et de formuler par suite des règles générales laissant prévoir les différences de réactions des divers sujets aux facteurs extérieurs.

D. DIAZ

Au cours de ces dernières années est née en Écosse une nouvelle industrie utilisant pour matière première les algues marines. Le principal produit qu'on en extrait est l'acide alginique, qui peut remplacer la cellulose dans un grand nombre d'usages, notamment dans la fabrication de textiles artificiels, de papier transparent, de ligatures solubles pour la chirurgie et de produits d'encollage pour l'industrie textile. Dans l'industrie alimentaire, l'acide alginique trouve également des applications comme constituant de poudres à flans, de potages, de crèmes glacées, et comme clarifiant en brasserie. La grande solubilité des alginates dans divers solvants permet de fabriquer des tissus de laine ultra-légers en tissant ensemble des fils de laine et d'alginate, puis en éliminant ce dernier par dissolution. Un autre produit de valeur contenu dans les varechs écossais est le mannane, d'où dérive le mannitol, matière première importante pour la fabrication de certains explosifs. Les côtes les plus riches en algues sont celles des îles Orcades et Hébrides ; on évalue à 140 000 t la quantité qu'on pourrait y récolter tous les trois ans. On envisage même de recueillir les algues sous-marines du littoral écossais en utilisant une pelleteuse mécanique, car ces algues ne flottent pas une fois coupées. Trois usines d'extraction de l'acide alginique fonctionnent déjà sur la côte occidentale de l'Écosse, et une dans l'île de South Uist (Hébrides).

# LE TIR A GRANDE DISTANCE EN COMBAT AÉRIEN

par Camille ROUGERON

*L'accroissement énorme des vitesses des avions, la puissance de plus en plus grande de leurs armes offensives et défensives ont amené, dès 1942, un relèvement sensible des distances de tir en combat aérien, et cette évolution ira sans doute en s'accroissant avec les chasseurs à réaction et les bombardiers lourds de l'avenir. Ces derniers, incapables de se dérober, chercheront leur salut dans des concentrations de feu foudroyantes sur le chasseur piquant vers eux. Obligé de combattre à distance, le pilote de chasse sera, de plus, gêné par l'instabilité de son appareil aux grandes vitesses et aux très hautes altitudes, et ce ne sont pas tant les qualités que l'on avait coutume d'exiger de lui : précision du tir, rapidité des réflexes et finesse de pilotage qui décideront du sort des engagements, mais surtout les qualités de son avion : stabilité de l'appareil sur sa trajectoire, fixité du pointage des armes, automatisme du tir. La stabilisation des avions a été étudiée pendant la guerre et a reçu des solutions partielles consistant principalement en des modifications des gouvernes. Quant au pointage et au tir automatiques, ils ne posent pas de problèmes complètement nouveaux, et la rapidité des engagements obligera sans doute à décharger le pilote de toutes les tâches que des machines aux réflexes instantanés peuvent exécuter mieux et plus vite que lui.*

LES visiteurs du dernier Salon de l'Aéronautique de Paris qui ont examiné avec attention le Gloster « Meteor » du record de vitesse ont peut-être remarqué la présence, sur le bord de fuite du gouvernail de direction, d'une petite tôle disposée de manière à présenter ses ailes perpendiculairement à la vitesse des filets d'air (fig. 1). Est-ce donc la peine de profiler soigneusement toute aspérité pour venir ensuite en ajouter dont la traînée propre est presque égale à celle des plans de dérive ? Le dispositif en cause est tout simplement l'aboutissement actuel en Grande-Bretagne de longs travaux sur la précision du tir de chasse à grande distance.

Les premières recherches dans cette voie sont l'œuvre de l'aviation allemande. Fin 1942, au début des incursions de jour, sans escorte, des formations de bombardement stratégique américaines équipées de Boeing B-17 « Flying Fortress » et de Consolidated B-24 « Liberator », les chasseurs de la Luftwaffe qui tentèrent l'attaque à courte distance subirent des pertes sévères sans parvenir à en infliger de sérieuses à l'adversaire. Le calibre de 12,7 mm des armes américaines, leur nombre et surtout l'excellence de leur conduite de tir à moyenne distance permettaient aux mitrailleurs des bombardiers lourds une concentration de feux des plus efficaces sur les chasseurs assaillants, jusqu'à des distances de 600 à 800 m. Ce progrès du tir de défense imposait à la chasse allemande un changement complet de tactique : il lui fallait exécuter un tir précis à une distance supérieure.

Elle y réussit en partie dès le printemps suivant. Mais les bombardiers trouvèrent une parade dans l'escorte par des chasseurs à grand rayon d'action, à quoi la Luftwaffe répliqua par une nouvelle augmentation des distances de combat, avec des armes à grande puissance ;

canons de 30 mm, bombes-fusées, bombes volantes guidées par radio ou par fil...

La période des bombardements de jour, de 1942 à 1945, s'est donc traduite par un relèvement considérable et continu des distances de combat, et cette évolution est certainement loin d'être terminée. L'époque actuelle représente, pour l'aviation, l'équivalent des vingt premières années de ce siècle pour les marines.

L'accroissement des distances d'engagement de la chasse pose toute une série de problèmes portant sur l'armement, la conduite du tir, et l'avion lui-même, problèmes dont la solution s'est échelonnée en marine sur des dizaines d'années, et que l'aviation va devoir résoudre en un temps certainement plus court, avec les complications supplémentaires qui tiennent à l'exiguïté de la place disponible et à la nécessité d'adapter le plus souvent les appareils introduits à bord au service par le seul pilote.

Dans leur course à la portée, la nécessité d'un relèvement des calibres et des vitesses initiales avait été épargnée aux marines. Elle s'était en effet déjà imposée lors de la lutte entre le projectile et la cuirasse et la puissance à la bouche des canons de l'époque permettait, par un accroissement convenable de l'angle de tir, d'atteindre des portées très supérieures. La seule difficulté était de donner à l'affût l'amplitude de pointage vertical suffisante.

Au contraire l'avion a dû augmenter la puissance de ses armes à partir de 1943, avec les canons de 30 mm et les bombes-fusées des chasseurs allemands, et les calibres et les vitesses continueront certainement à croître.

Le perfectionnement de la conduite de tir doit suivre l'augmentation de la puissance des armes. L'époque est passée où l'on pouvait évaluer une distance d'après l'angle apparent d'un fuselage ou d'une voilure, la direction du déplacement

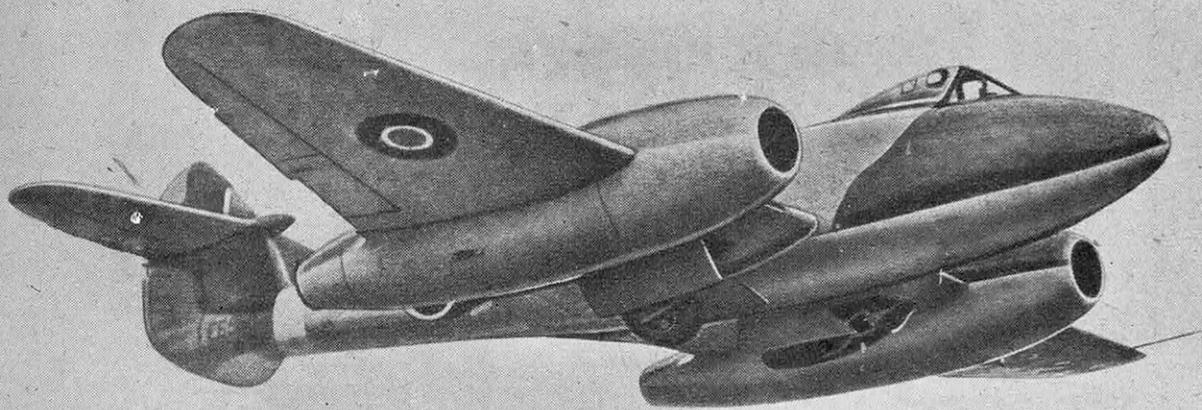


FIG. 1. — L'AVION DE CHASSE ANGLAIS A RÉACTION GLOSTER « METEOR »

d'après l'aspect de l'adversaire, et la vitesse elle-même d'après le type de l'appareil. Après quarante années de progrès, l'emploi du radar à ces mesures renouvelle la conduite du tir à la mer ; il en sera de même en tir aérien.

Enfin les qualités nautiques et évolutives du navire lui-même ont prouvé leur importance. On a toujours reconnu l'intérêt d'une plateforme stable, et l'on a même exagéré celui d'un roulis doux qui est toujours obtenu au détriment de la stabilité après avaries de combat ; d'autres effets nuisibles des mouvements de plate-forme sont apparus dans le combat à grande portée, par exemple l'inclinaison des tourillons qui n'est gênante qu'aux grands angles de tir. De même, en aviation, des appareils jugés très satisfaisants dans le combat à basse altitude, vitesse modérée et faible distance, se révèlent presque inutilisables à haute altitude, vitesse élevée et grande distance. Ce sont ces exigences imposées à la cellule en matière de pointage précis que nous examinerons plus spécialement.

### Les facteurs de la dispersion du tir

Depuis plus de trente ans, l'avion de chasse est présenté dans les films de propagande cinématographique sous la forme d'un appareil en vol acrobatique sous grande accélération qui, dans un instant fugitif, parvient à placer quelques projectiles sur un adversaire exécutant une manœuvre semblable. Les réflexes instantanés, l'entraînement au tir, la finesse du pilotage apparaissent comme les qualités essentielles du pilote de chasse.

Si la réalité n'a pas été très différente jusqu'ici dans les rencontres de chasseurs, il est probable que l'aspect des combats entre avions à réaction et surtout entre avions-fusées sera à l'avenir assez différent, en raison des vitesses atteintes et de l'augmentation du rayon minimum des évolutions compatible avec une accélération supportable pour le pilote. En tout cas, l'attaque

à grande distance du bombardier par un chasseur se présente sous un jour très différent.

Dans le cas d'un bombardier lourd, l'efficacité des manœuvres de dérobement est généralement surestimée. L'étude théorique des mouvements mécaniquement possibles, comme sa vérification expérimentale, montrent que, pendant les quatre secondes qui suivent le braquage des gouvernes, les changements de trajectoires sont de quelques mètres (fig. 2) et les variations de vitesse négligeables ; ces écarts sont à mettre en regard des 500 à 600 m que l'avion parcourt pendant ce temps. Ils ne gênent pas sensiblement la rectification du pointage par l'adversaire ; ils gênent beaucoup plus le tir des armes de défense, par l'accélération et les dépointages qu'ils imposent à ces armes et à leurs servants. Si l'appareil fait partie d'une formation serrée, il n'est pas question de tenter des manœuvres de ce genre. Même dans le cas de l'avion isolé, il est préférable de s'en abstenir, à moins que l'on soit attaqué par surprise, avant que les mitrailleurs aient préparé leur tir de défense.

Les mouvements apparents de l'objectif, tels que les observe le chasseur au cours de sa passe d'attaque, et sur lesquels nous allons revenir, n'ont rien à voir avec le résultat effectif des manœuvres de dérobement que le bombardier peut tenter, et dont la fréquence et l'amplitude sont négligeables en regard de la rapidité de l'attaque. Ces mouvements ont une autre cause, puisque l'expérience révèle des mouvements apparents de même nature dans l'attaque d'un objectif fixe au sol. Si ces derniers sont moins amples, c'est, comme nous le verrons plus loin, en raison de l'amortissement plus rapide des oscillations nuisibles pour un avion volant à faible altitude.

Ainsi, l'instantanéité des réflexes du pilote de chasse n'a pas son application dans cette phase d'une telle attaque ; il dispose de plusieurs secondes pour améliorer le pointage de son

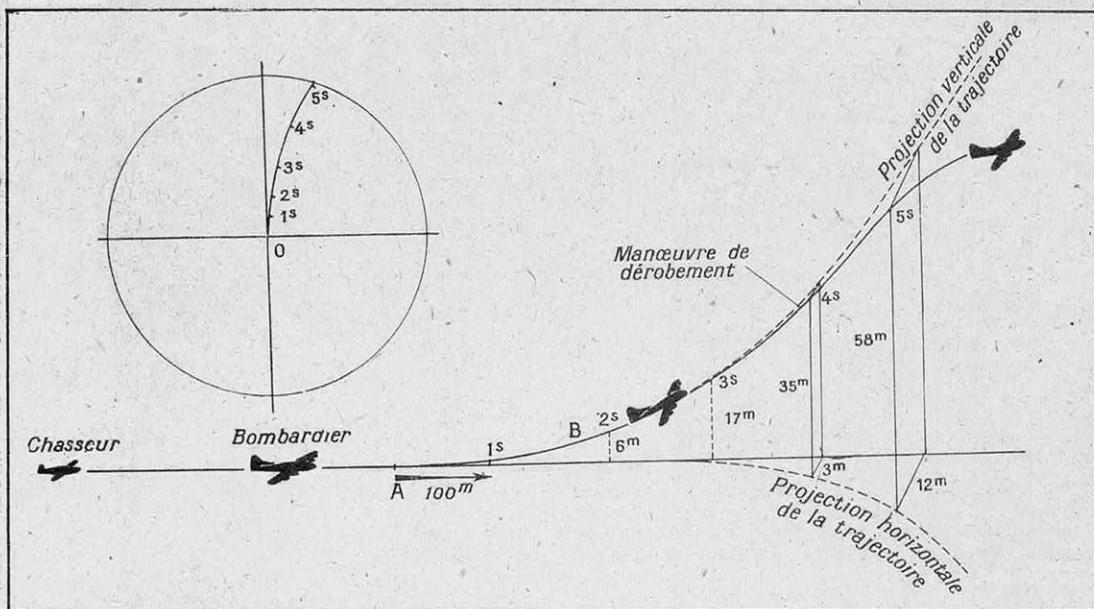


FIG. 2. — MANŒVRE DE DÉROBOEMENT D'UN BOMBARDIER

Le bombardier est supposé ici voler à 360 km/h (100 m/s). Attaqué par l'arrière par un chasseur, il amorce en A sa manœuvre de déroboement, consistant en une montée combinée, à partir de B, avec un virage sur la droite. On voit qu'au bout de cinq secondes il ne s'est élevé que de 58 m et ne s'est écarté que de 12 m en direction de sa route initiale. Le pilote du chasseur, suivant dans son viseur (représenté schématiquement en haut et à gauche) les évolutions du bombardier, aura amplement le temps d'effectuer les corrections nécessaires.

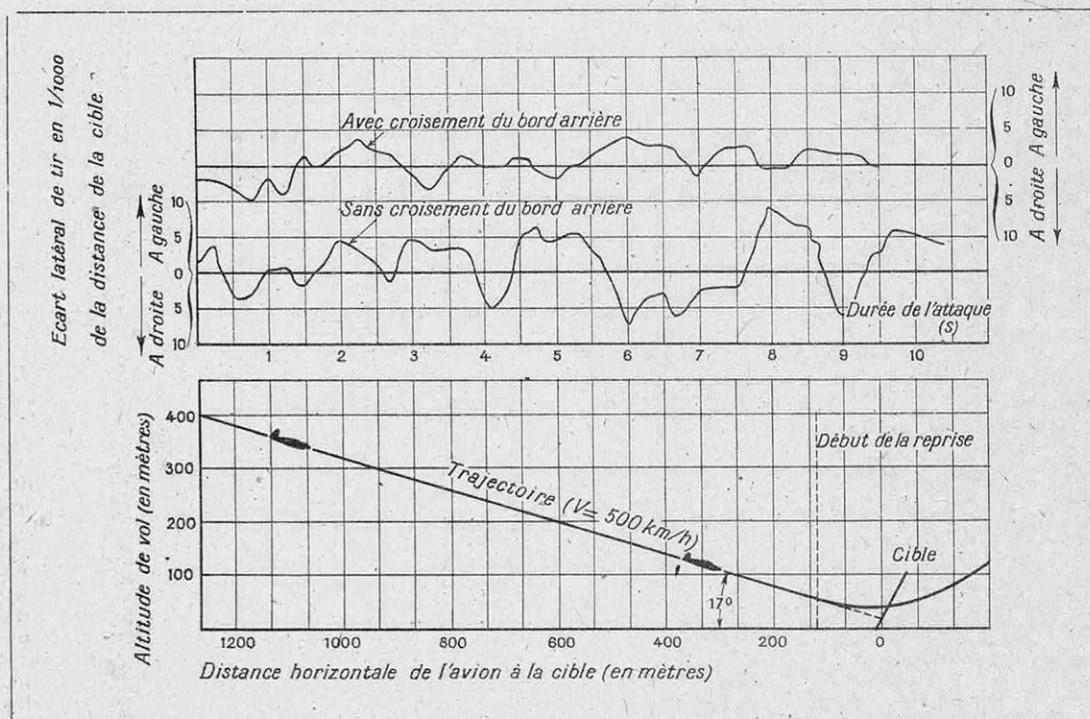


FIG. 3. — LA PRÉCISION DU TIR D'UN MESSERSCHMITT ME-109 AVEC ET SANS CROISEMENT DU BORD DE FUITE

L'enregistrement photographique de la direction du Me-109, avec le gouvernail habituel et avec l'addition sur le même gouvernail des pointes arrière croisées représentées sur la figure 5, montre que l'écart latéral maximum du tir est réduit de moitié. En raison de l'amortissement moindre, les écarts à grande altitude seraient supérieurs.

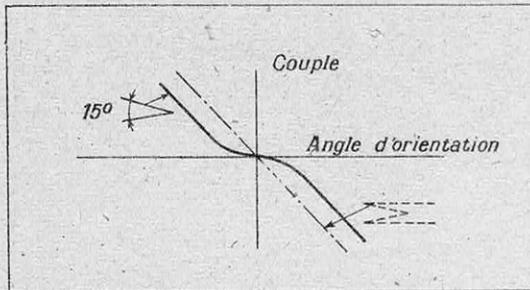


FIG. 4. — L'INEFFICACITÉ D'UNE GOVERNE A BORD DE FUITE SIMPLE POUR LES PETITS ANGLES

La courbe en traits pleins représente, en fonction de l'angle d'orientation, le couple de giration exercé par le gouvernail de direction dans le cas où l'angle arrière du profil de la dérive est de 15 à 20°; on remarque que, pour une manœuvre de faible amplitude de part et d'autre de la position médiane, la gouverne est presque inefficace. La courbe en traits mixtes se rapporte au profil à double pointe arrière représenté; le couple de giration est proportionnel à l'angle d'orientation.

appareil contre un objectif qui conserve sensiblement un mouvement rectiligne et uniforme.

Le deuxième aspect du pilote de chasse, celui du tireur d'élite réglant soigneusement ses armes au sol entre chaque combat, est-il plus exact ? Les quelques chiffres suivants, de source allemande, préciseront l'importance de ce facteur.

La dispersion qui tient à l'arme elle-même, à ses projectiles, et à son mode de fixation ne dépassait pas 1/1 000 de la distance de tir, aux distances moyennes de combat, pour la mitrailleuse MG-151 de 20 mm. On ne peut pas préciser les écarts supplémentaires dus aux déformations élastiques pendant le vol, qui dépendent à la fois de l'appareil, de l'emplacement de l'arme et de la manœuvre. Mais ils sont négligeables sur les avions à réaction ou les avions-fusées dont les armes sont groupées en fuselage (Messerschmitt Me-262 et Me-163, Gloster « Meteor »...)

Les qualités propres du pilote en tant que tireur peuvent être mesurées d'après la pratique au stand. La Luftwaffe exigeait de son personnel un « dix » à 100 m en tir couché, ce qui correspond à un écart d'environ  $\pm 0,1$  degré entre la ligne de visée réelle et la ligne idéale, soit environ 3,4/1 000 de la distance. En fait, un tireur exercé obtenait presque toujours un « douze » qui correspond à  $\pm 0,003$  degré, soit 1/1 000 environ.

Cependant, l'étude des vols d'attaque par l'enregistrement photographique des coups fictivement tirés révèle une dispersion variant de 6/1 000 de la distance pour les meilleurs chasseurs à 10/1 000 pour les chasseurs moyens, sans qu'il y ait de relation, pour un même pilote, entre la dispersion relevée au sol et en vol. Il n'est donc ni nécessaire ni suffisant d'être tireur d'élite pour être bon chasseur, et l'on conçoit que la Luftwaffe, à l'examen de ces résultats, ait pu se montrer aussi tolérante dans les performances de ses pilotes au stand.

La qualité essentielle d'un chasseur est-elle donc la finesse de pilotage ? Elle n'est assurément pas négligeable puisqu'on observe des dispersions qui varient presque du simple au double, sur un même appareil, en passant du pilote d'élite au pilote moyen. Mais l'expérience a montré que le facteur essentiel était l'appareil, et que l'amélioration de la précision est avant tout un problème de mécanique de vol.

### La précision dans la tenue du vol rectiligne

Lorsqu'on essaie de maintenir une cible fixe sur le fil vertical d'un réticule, il est nécessaire de pointer avec le gouvernail de direction. Chaque manœuvre produit une embardée de l'avion, accompagnée d'un mouvement de roulis. de même que l'effet de toute perturbation de l'air provoquant un mouvement de roulis s'accompagne d'une embardée en direction.

L'embarquée est un mouvement oscillatoire

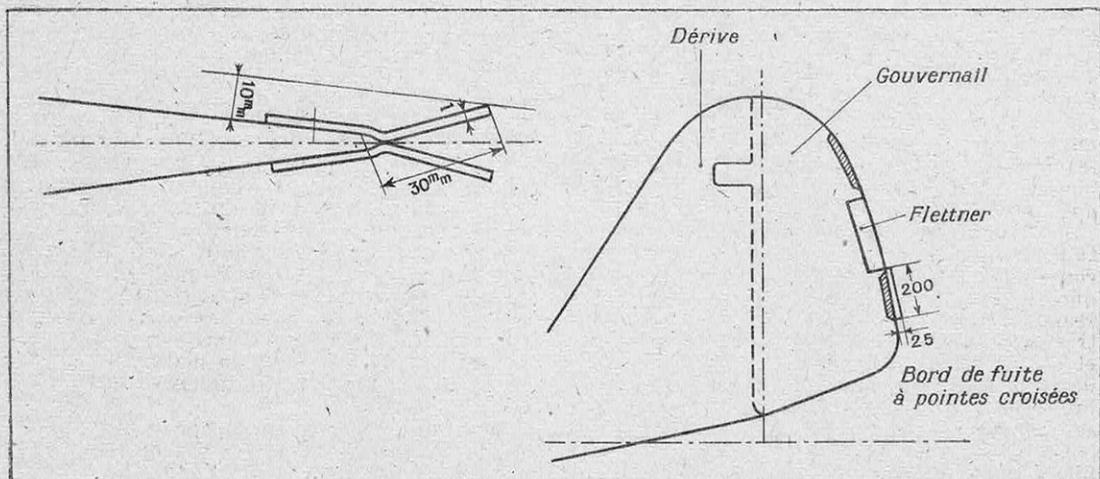


FIG. 5. — UN DISPOSITIF DE STABILISATION DU CHASSEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT ME-109 G : LES POINTES ARRIÈRE CROISÉES SUR LE BORD DE FUITE DU GOVERNAIL DE DIRECTION

L'addition des pointes arrière sur le gouvernail de direction du Messerschmitt Me-109 G a permis une réduction de près de moitié des écarts de tir, comme le montrent les relevés photographiques de la figure 3.

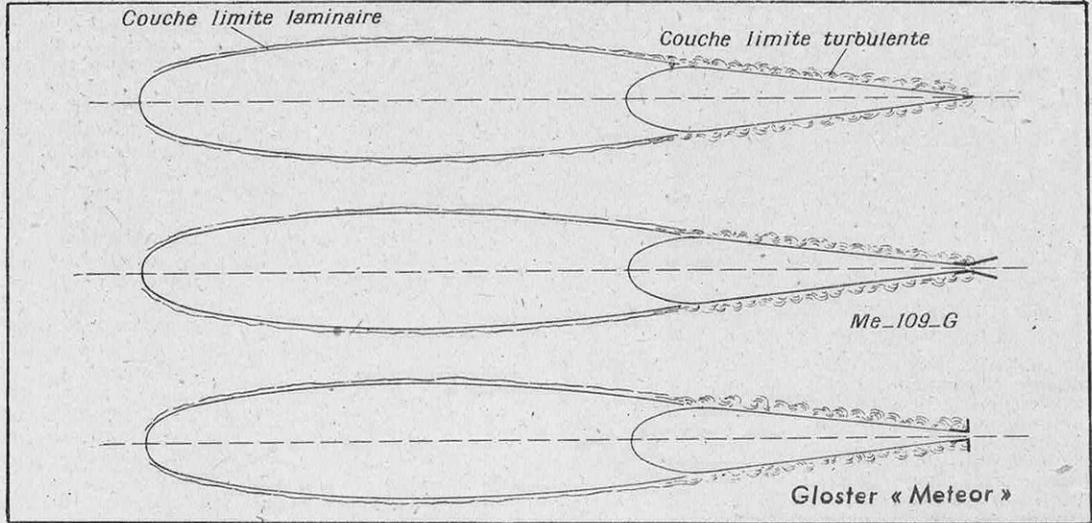


FIG. 6. — L'INFLUENCE DE LA FORME DU BORD DE FUITE SUR L'EFFICACITÉ DES GOUVERNES AUX PETITS ANGLES

On peut expliquer l'inefficacité de la gouverne pour les faibles orientations autour de la position médiane par le fait qu'à ces angles elle ne sort point de la couche limite turbulente produite par la dérive. L'addition des plaques inclinées ou des cornières hâte cette sortie pour une même orientation. Il est d'ailleurs probable que l'effet est beaucoup plus accentué aux vitesses voisines de celles du son, où les perturbations produites par l'orientation de la gouverne ne remontent pas le courant et ne modifient pas la portance d'ensemble de la dérive prolongée par la gouverne.

dont la période dépend largement de la vitesse, du tonnage de l'appareil et de sa stabilité de route. Elle est de l'ordre de 1,5 à 4 s pour un chasseur, de 5 à 8 s pour un bombardier. L'oscillation s'amortit assez rapidement.

La durée d'oscillation, le facteur d'amortissement et le roulis qui accompagne les embardées en direction varient, sur un même appareil, avec la vitesse et l'altitude. A vitesse donnée, la période, qui est, comme celle de tous les mouvements oscillatoires, inversement proportionnelle à la racine carrée du couple stabilisant, variera en raison inverse de la racine carrée de la densité ; elle croît donc avec l'altitude. L'amortissement, en tant que lié à la densité du fluide où se produit l'oscillation, diminue pareillement quand on s'élève. On constate de même que la liaison entre l'amplitude des roulis et des embardées se modifie dans un sens défavorable. Si bien qu'on observe, aux altitudes de combat aujourd'hui atteintes, l'apparition de mouvements désordonnés sur des avions qui étaient satisfaisants aux faibles altitudes.

Est-il possible d'atténuer sensiblement l'amplitude de ces oscillations par une manœuvre convenable des gouvernes ? L'expérience montre que l'action du pilote n'est efficace qu'aux plus grandes périodes d'oscillation, qui sont celles des très gros appareils, à faible stabilité de route, et à très grande altitude ; l'oscillation latérale de 1,5 à 4 s d'un chasseur est beaucoup trop brève pour qu'un pilote puisse l'atténuer par sa manœuvre.

On ne peut donc demander à la finesse de pilotage que de réduire l'importance de l'embardée initiale, en évitant de corriger un dépointage par un braquage exagéré de la gouverne ; mais elle ne saurait faire davantage. La figure 3 indique les résultats obtenus avec un Messerschmitt Me-109 dans l'attaque d'une cible immobile au sol.

En théorie, les remarques présentées quant au comportement de l'avion en direction, au cours du vol d'attaque, s'étendent aux mouvements autour de l'axe de tangage. Mais l'expérience montre que les difficultés sont moindres dans ce dernier cas.

### Les remèdes

Le seul progrès qui ait donné lieu à des réalisations de série au cours de la guerre a été l'amélioration des formes du gouvernail de direction pour remédier à l'inefficacité fréquente des petits déplacements autour de la position médiane.

L'effet de la forme du bord de fuite sur cette sorte de « temps mort » aérodynamique est certain. Les angles faibles sont favorables ; les arrondis néfastes. Le dédoublement du profil au bord de fuite, tel que l'indique la figure 4 a un effet très favorable ; il a été employé notamment sur les ailerons du Dornier Do-335.

La solution retenue sur les derniers Messerschmitt Me-109 consiste dans l'adjonction, à l'arrière du gouvernail de direction, de plaques compensatrices croisées telles que les représente la figure 5. L'expérience faite avec différentes profondeurs et inclinaisons de plaques a montré qu'une profondeur de 30 mm et une saillie latérale de 10 mm suffisaient. Les écarts enregistrés au cours d'un demi-piqué avec ou sans plaques croisées, et reproduits sur la figure 3, montrent la grosse amélioration de précision qui résulte de leur emploi.

C'est une solution du même genre qui est employée sur le Gloster « Meteor » avec des plaques croisées jusqu'à 90° (fig. 8).

Un deuxième perfectionnement, qui a donné lieu à plusieurs études en Allemagne vers la fin de la guerre, est la décomposition du gouvernail de direction en un gouvernail de direction proprement dit et un gouvernail d'amortissement, à faible débattement par rapport au

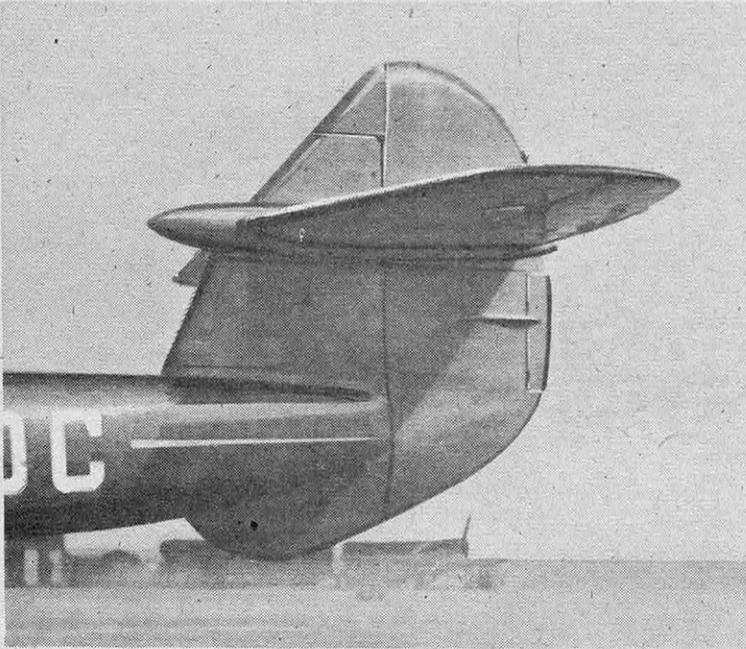


FIG. 7. — LES EMPENNAGES DU CHASSEUR À RÉACTION GLOSTER « METEOR »

On notera, comme sur la figure ci-dessous, la présence de tôles en T sur une portion de la partie supérieure du gouvernail de direction, ainsi que sur le « flettner » de la partie inférieure de ce gouvernail.

premier. La figure 9 indique la disposition expérimentée sur le chasseur Henschel Hs-129, qui présentait initialement de grosses faiblesses quant à la précision du pointage au cours du vol d'attaque. Cette division avait été adoptée, au début de la guerre, sur le gouvernail de profondeur des hydravions Blohm et Voss BV-222 pour l'amélioration de la stabilité longitudinale.

Le gouvernail d'amortissement peut être actionné directement par le pilote ; le seul avantage est l'augmentation possible du braquage pour un même couple de giration et l'on évite ainsi la zone d'inefficacité au voisinage de la position médiane.

Mais la commande gyroscopique donne des résultats très supérieurs ; aucune finesse de pilotage manuel n'atteint à celle d'un gyroscope convenablement établi.

D'une manière générale, une direction automatique, aisément embrayable et

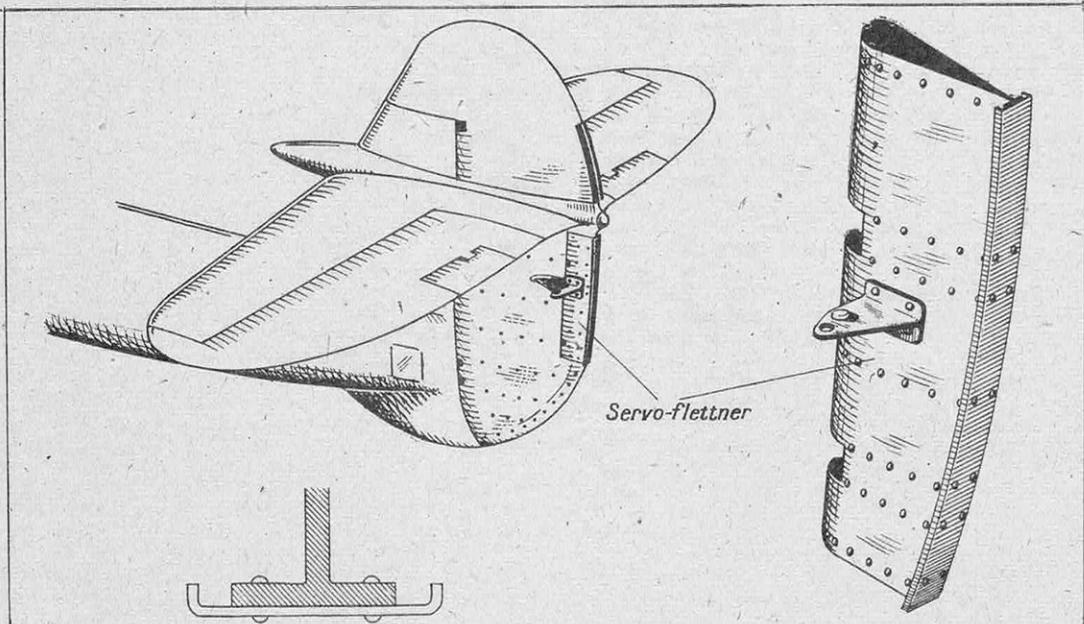


FIG. 8. — EMPENNAGE ET GOUVERNES DU GLOSTER « METEOR »

La surélévation de l'empennage du Gloster « Meteor » vise à éloigner le plus possible l'empennage horizontal et la gouverne de profondeur du sillage de l'aile et des turbo-réacteurs. La gouverne de direction est divisée en deux parties. La partie supérieure est munie de la compensation aérodynamique habituelle, obtenue en plaçant une fraction de la surface sur l'avant de l'axe de rotation ; la partie inférieure demande cette compensation à un servo-flettner, relié directement à la commande, et dont l'orientation dans un sens provoque la rotation de la gouverne en sens inverse ; c'est, en quelque sorte, un servo-moteur aérodynamique utilisant l'énergie du vent relatif. Le bord de fuite est constitué, sur une fraction de la gouverne supérieure et sur la totalité du servo-flettner, par un T sur lequel est rapportée une tôle à double bord tombé. Cette disposition du bord de fuite augmente la précision pour une faible orientation de la gouverne et supprime les vibrations qui ont souvent fait renoncer au servo-flettner et

ont été accentuées aux grandes vitesses

débrayable, améliorerait beaucoup la précision du vol d'attaque.

On a également essayé, par une amélioration de la cinématique de la transmission, d'augmenter l'angle de commande nécessaire à un braquage d'angle donné au voisinage de la position médiane, sans modifier le rapport de multiplication aux grands angles. Des dispositifs de ce genre ont été employés sur le chasseur Focke-Wulf FW-190, et sur divers appareils Junkers.

Plusieurs suggestions ont été faites qui tendent à l'augmentation du facteur d'amortissement des oscillations en direction. Pour une stabilité de route donnée, il faudrait augmenter à la fois la dérive et les surfaces de l'avant du fuselage ou des fuseaux-moteurs ; on est rapidement limité dans cette voie si l'on ne veut pas perdre sur les autres performances. On a proposé également (Lugner) d'augmenter l'amortissement, du moins pendant le vol d'attaque, par la sortie au bout d'aile de dispositifs de freinage. L'expérience a prouvé leur efficacité sur certains planeurs et avions sans queue dont l'amortissement de rotation a pu être quadruplé par l'addition de telles dérives. Malheureusement, sur avion normal dont l'amortissement est déjà élevé, un simple relèvement de 25 % exigerait aux extrémités d'ailes des freins d'une surface comparable à celle des freins de piqué.

Tous ces perfectionnements ont pour défaut commun de ne pas s'attaquer au principe même du phénomène responsable de la dispersion qui est l'oscillation autour de la trajectoire rectiligne idéale. Un résultat très supérieur serait obtenu en admettant que cette oscillation, même réduite en amplitude, subsistera toujours, et qu'il suffit d'en éviter la répercussion sur les armes en donnant à celles-ci un mouvement de pointage par rapport à l'avion. C'est au fond la solution admise pour l'armement de défense des bombardiers ; elle a même été transposée à des chasseurs dont l'avion britannique Boulton Paul « Defiant »

employé pour la première fois à Dunkerque, est un des plus connus (fig. 10).

L'addition d'un pointage indépendant du pilotage semble exiger un servent spécial, et c'était bien le cas en particulier de la tourelle du « Defiant ». Mais le pointage précis dans la direction moyenne donnée par le pilote pose un problème différent qui a déjà été résolu, sur char et sur navire, par un mécanisme automatique. L'arme du char roulant à grande vitesse sur mauvais terrain est plus difficile encore à maintenir pointée que l'arme d'avion au cours des embardées, la période des oscillations étant plus faible encore. La stabilisation gyroscopique de l'arme dans la direction moyenne donnée par le pointeur a fait ses preuves sur les chars américains. Des solutions analogues ont été expérimentées, sinon généralisées, en marine.

Parmi les nombreuses dispositions possibles, signalons l'asservissement des armes à un gyroscope qui les maintiendrait dans la position moyenne imprimée par le pilotage ; le pilotage de l'avion par asservissement aux armes qu'orienterait directement le pilote, avec interposition d'une liaison élastique à la rotation entre les armes et l'avion ; la télécommande simultanée des armes et de l'avion par rapport à une lunette que le pilote se bornerait à maintenir pointée sur l'objectif... De telles solutions peuvent supprimer presque entièrement la dispersion due aux mouvements propres de l'avion lorsque les armes lui sont liées rigidement ; l'amplitude de pointage des armes ne devrait pas dépasser la valeur des écarts du pilote moyen sur avion à gouvernes bien établies, soit 1° environ, ce qui ne conduit à aucun changement dans l'aménagement habituel du chasseur, que les armes soient dans les ailes ou en fuselage.

Peut-on aller plus loin et obtenir un pointage automatique des armes sur l'objectif que le pilote se bornerait à désigner grossièrement à une mécanique aux réflexes instantanés, dont

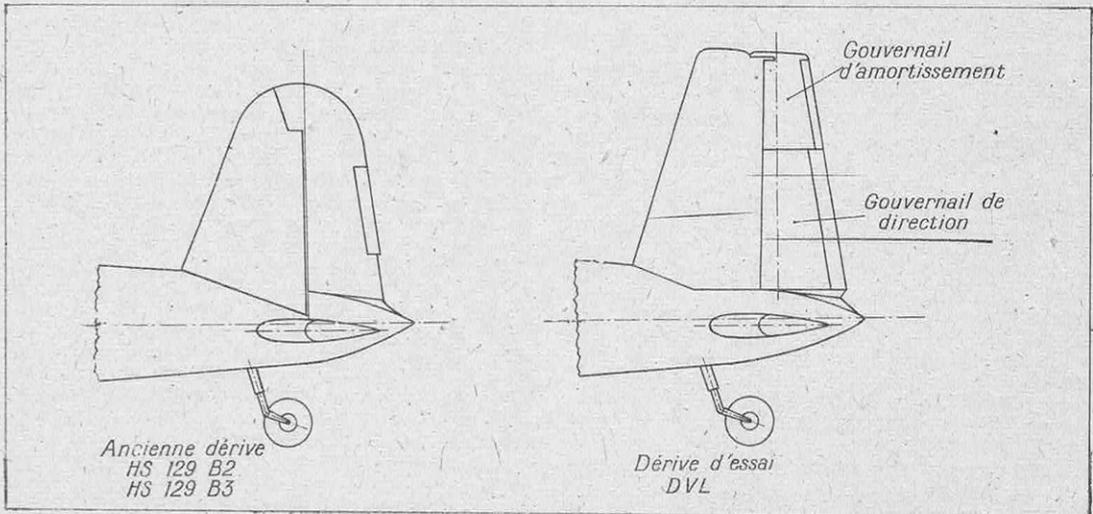


FIG. 9. — DISPOSITIF D'AMORTISSEMENT DES OSCILLATIONS EXPÉRIMENTÉ SUR LE HENSCHÉL HS-129

Le gouvernail de direction était décomposé en deux, la partie haute, servant à l'amortissement, avait un débattement de  $\pm 4^\circ$  par rapport à la partie basse, utilisée comme un gouvernail de direction habituel. Le gouvernail d'amortissement était commandé par un gyroscope, qui réagissait à chaque oscillation de l'appareil et actionnait le servo-flettner placé au bord de fuite, lequel provoquait le mouvement du gouvernail d'amortissement.

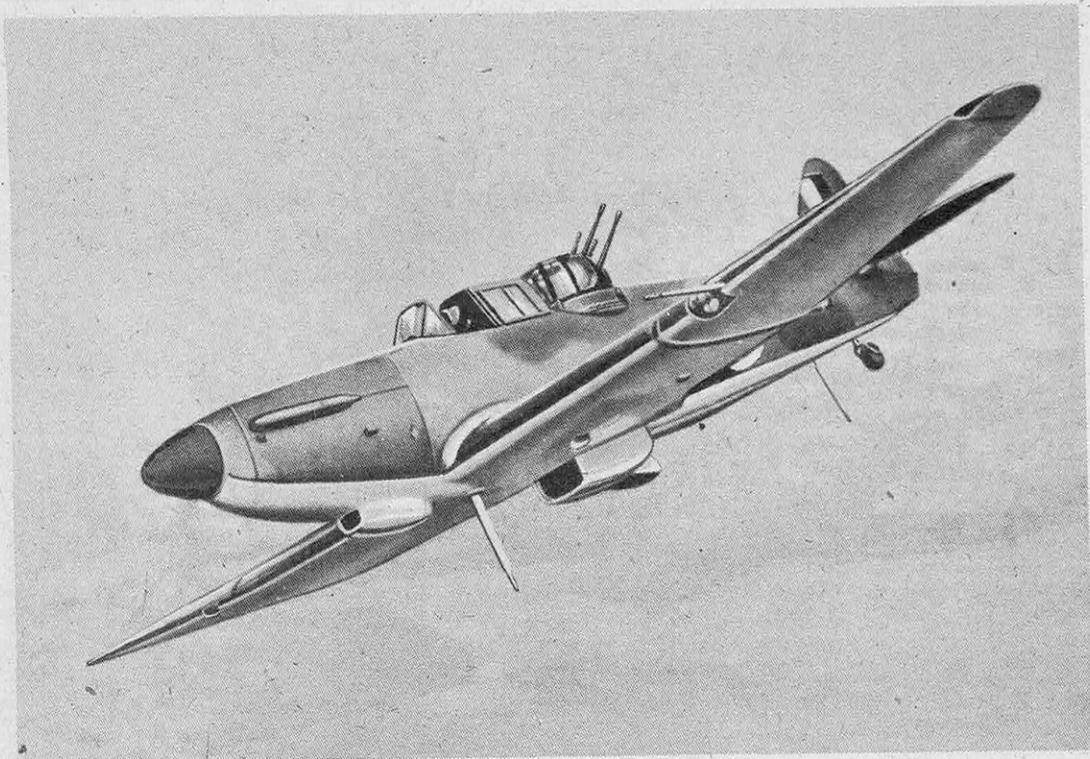


FIG. 10. — LE CHASSEUR ANGLAIS BOULTON PAUL « DEFIANT » DE 1940

*Ce biplace de combat engagé pour la première fois à la bataille de Dunkerque et utilisé pendant la bataille de Grande-Bretagne avait des performances à peine inférieures aux monoplaces de l'époque. Son armement était constitué par une tourelle quadruple de mitrailleuses de 7,7 mm à commande hydraulique, formule qui ne fut pas retenue pour les chasseurs construits par la suite et qui furent tous dotés d'un armement fixe à tir axial.*

l'acuité de vision percerait l'obscurité comme le brouillard ? La détection par radar donne la solution et a déjà été appliquée à la chasse de nuit. Le pointage automatique par ce procédé est une réalisation acquise. Mais on peut avoir recours à d'autres principes, plus précis que celui de la réflexion des ondes électromagnétiques sur l'ensemble d'une voilure et d'un fuselage, et pointer à l'aide de l'infrarouge sur l'échappement d'un moteur ou la bouche d'une mitrailleuse de défense.

### L'avenir du pointage des armes de chasse

La mission du pilote de chasse est suffisamment compliquée pour que toute mécanique susceptible de l'alléger soit la bienvenue, surtout quand elle exécute beaucoup mieux que lui la tâche qu'on lui réserve ; le pointage précis des armes est une de celles-là.

Jusqu'en 1914, le commandant d'une batterie d'artillerie se serait cru déshonoré s'il avait eu recours, pour la mise en direction de ses pièces, à un instrument d'optique autre que la jumelle, plus ou moins micrométrée. Un angle de site s'estimait à la vue ; un transport de tir se commandait en évaluant un angle avec la main tendue. Tant qu'il s'agissait de tirer à 2 500 m avec un canon de 75 mm, ces méthodes de tir en valaient d'autres, plus scientifiques ; mais la question changea d'aspect lorsqu'il fallut

tirer à la limite de portée permise par l'affût, et, plus encore, aux 11 000 m que donnait le tube avec un angle de pointage accru.

Les mitrailleurs des « Forteresses volantes » de 1942, avec leurs armes de 13,2 mm et leurs viseurs calculateurs Sperry, ont enseigné aux chasseurs allemands que l'engagement d'un bombardier à 200 m avait fait son temps, tout comme les mitrailleuses et les obusiers de 150 mm avaient prouvé aux artilleurs de 1914 les difficultés d'une mise en batterie à 2 000 m des lignes. Les pilotes de chasse devront s'adapter à la nouvelle situation, céder à la mécanique les tâches dont elle s'acquittera beaucoup mieux qu'eux et se réserver celles qui demandent l'intervention d'un cerveau d'homme, et qui sont suffisamment nombreuses pour les occuper. La recherche de la finesse du pilotage en vol rectiligne ou l'entraînement au stand de tir pourront être négligés au profit des fonctions beaucoup plus complexes de la conduite du tir à grande distance, pour lesquelles le concours de l'optique, de la radio et des calculateurs mécaniques devra d'ailleurs être demandé.

« Combattre de loin est naturel à l'homme, a écrit le colonel Ardant du Picq ; du premier jour, toute son industrie n'a tendu qu'à obtenir ce résultat, et il continue. » Le développement actuel du combat aérien dans ce sens n'est pas la dernière des transformations auxquelles la chasse devra s'adapter.

Camille ROUGERON

# L'AÉRODYNAMIQUE DE L'AUTOMOBILE EST-ELLE CAPABLE DE PROGRÈS?

par Jean BONNET

Les premières voitures automobiles furent des attelages hippomobiles adaptés tant bien que mal à leur nouveau mode de traction. Par la suite, la structure de ces véhicules subit de profondes transformations. Les vitesses de plus en plus élevées qu'ils atteignirent posèrent des problèmes de stabilité dont la solution entraîna une évolution profonde de la construction automobile. Mais ce fut surtout la recherche des meilleures formes de pénétration dans l'air, permettant de réaliser les grandes vitesses avec le maximum d'économie, qui contribua le plus à donner à la voiture moderne son aspect actuel. Si les formes idéales au point de vue aérodynamique sont assez bien connues, elles ne sont pas toujours compatibles avec l'obtention de qualités primordiales pour l'usager : habitabilité, confort, bonne visibilité, etc. Dans la pratique, chaque voiture est un compromis entre un grand nombre d'exigences contradictoires; chaque modification d'un organe ayant sa répercussion sur sous les autres, et l'effort fait par les constructeurs avant et depuis la guerre pour la réalisation de voitures de plus en plus économiques n'a pas seulement modifié la forme et la disposition des organes accessoires, mais il a souvent conduit à adopter des perfectionnements beaucoup plus profonds tels que traction avant ou carrosserie monocoque. Il n'est pas beaucoup de pays dont l'apport ait été aussi grand que celui de la France dans ce domaine, et les modèles de petites voitures qui ont été conçus par nos ingénieurs laissent la construction française à l'avant-garde de la technique automobile.

L'EXPRESSION « voiture aérodynamique » doit sa fortune au prestige que possèdent à notre époque les termes d'apparence scientifique. Elle est pourtant impropre et témoigne d'une prétention exagérée : l'aérodynamique est la science qui s'occupe des effets de l'air en mouvement sur les solides et inversement des réactions de l'air immobile sur les corps animés d'un mouvement rapide dans l'atmosphère. L'adjectif que l'on a formé à partir de ce substantif veut dire que la forme de la voiture satisfait aux lois qu'impose l'aérodynamique pour l'obtention d'une bonne pénétration dans l'air. Nous verrons qu'il n'existe pas des voitures « aérodynamiques » opposées à d'autres qui ne le sont pas, mais uniquement des modèles plus ou moins conformes aux lois de l'aérodynamique.

On appelle *carénage* le volume enveloppant d'un véhicule étudié pour répondre, de façon approchée au moins, aux conditions d'une bonne pénétration dans l'air. Les carénages, tels qu'ils sont réalisés actuellement, sont loin d'être parfaits aux yeux des experts en aérodynamique. Il ne peut en être autrement si l'on songe qu'une voiture est un ensemble excessivement complexe résultant d'un compromis entre des obligations contradictoires : vitesse, économie, habitabilité, confort... Le seul véhicule approchant la perfection en matière d'aérodynamique est la voiture de record (fig. 7 et 8) (1), le véhicule de

course (fig. 6) témoignant déjà d'une obéissance à un certain nombre de servitudes. (Le record s'établit en ligne droite sur une piste rigoureusement plane, la course comporte un circuit parfois très accidenté.)

## La résistance de l'air

La résistance opposée à l'avancement d'une voiture qui roule en palier, à vitesse constante, est la somme de deux résistances élémentaires : la résistance au roulement et la résistance de l'air.

La résistance au roulement des voitures automobiles, qui a été considérablement réduite par rapport à celle des anciens véhicules à traction animale, est fonction du poids du véhicule et du gonflement de ses pneus. Elle n'augmente que très lentement avec la vitesse.

La résistance de l'air sur une carène en mouvement est une force que l'on peut définir par ses trois composantes selon des axes rectangulaires : deux d'entre elles sont dans le plan de symétrie du véhicule, et la troisième perpendiculaire à ce plan (fig. 1). La composante horizontale parallèle à la direction de la vitesse est appelée *traînée*  $F_x$  ; la composante verticale est la *portance*  $F_z$  ; enfin la composante horizontale, perpendiculaire à la vitesse s'appelle la *dérive*  $F_y$ . La résultante aérodynamique ne se trouve presque jamais dans l'axe de symétrie du carénage, puisque, dès que celui-ci est soumis à un vent relatif oblique, la dérive prend une valeur appréciable.

(1) Voir « Voitures de courses 1946 » (Science et Vie, n° 348, septembre 1946).

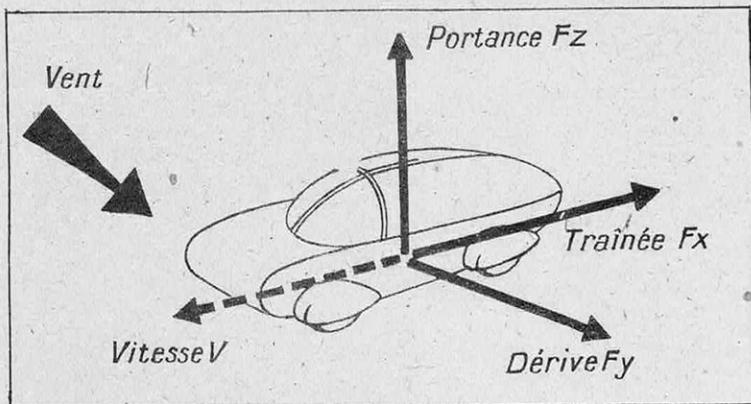


FIG. 1. — LES TROIS COMPOSANTES DE LA RÉSISTANCE OPPOSÉE PAR L'AIR A UN VÉHICULE EN MOUVEMENT

La portance des véhicules ordinaires et même des véhicules de course est en général faible, elle ne devient appréciable que pour la voiture de record dont la vitesse égale celle d'un avion, et, dans ce cas, on lui donne, par une inclinaison générale convenable du carénage, une valeur faiblement négative qui augmente l'adhérence au sol. Si l'on assimile le carénage de la voiture à une aile, on sait que l'inclinaison de cette aile pour laquelle la traînée minimum correspond à la valeur nulle de la portance, et c'est surtout de ce point de vue qu'il est intéressant d'étudier cette composante.

Quant à la dérive, c'est une force dont il convient de tenir compte quand on étudie la stabilité longitudinale du véhicule.

C'est la traînée qui est la composante la plus importante, puisque c'est celle que doit vaincre à chaque instant l'effort du moteur, et qu'elle absorbe une part notable de la puissance du véhicule.

La traînée, qui augmente avec le carré de la vitesse du véhicule, est proportionnelle au maître-couple (surface de la silhouette frontale du véhicule), multiplié par un coefficient dépendant de la forme appelé le  $C_x$  du véhicule, et qui mesure en quelque sorte la valeur du carénage au point de vue de sa pénétration dans l'air.

C'est ainsi que, tandis que le  $C_x$  d'un prisme à base carrée, de longueur au moins égale à une fois et demie les côtés de sa base et se déplaçant parallèlement à son arête la plus longue (qui est à peu de chose près le  $C_x$  d'une voiture non profilée), a pour valeur 0,7, on peut par un carénage

approprié abaisser le  $C_x$  d'un véhicule à 0,23, soit le tiers de la valeur précédente.

### Comment s'écoule l'air autour d'un solide en mouvement

Des expériences ont été faites — particulièrement pour les besoins de la construction aéronautique — pour déterminer la nature des perturbations que produit dans l'air le déplacement d'un solide en mouvement et ces expériences ont été répétées avec des solides affectant des formes les plus diverses.

On est ainsi arrivé à distinguer deux termes de l'air :

— une résistance superficielle qui se développe au contact direct entre l'air et la surface du solide et qui est due à la viscosité de l'air ; on arrive à réduire dans une certaine mesure la résistance superficielle en polissant aussi parfaitement que possible la surface du solide.

— une résistance dépendant de la forme du solide et qui est due à la formation de tourbillons au voisinage et à l'arrière du solide ; le brassage de l'air ainsi produit absorbe de l'énergie qui est empruntée au solide sous la forme du travail nécessaire pour vaincre les différences de pression apparaissant entre l'avant et l'arrière. Des

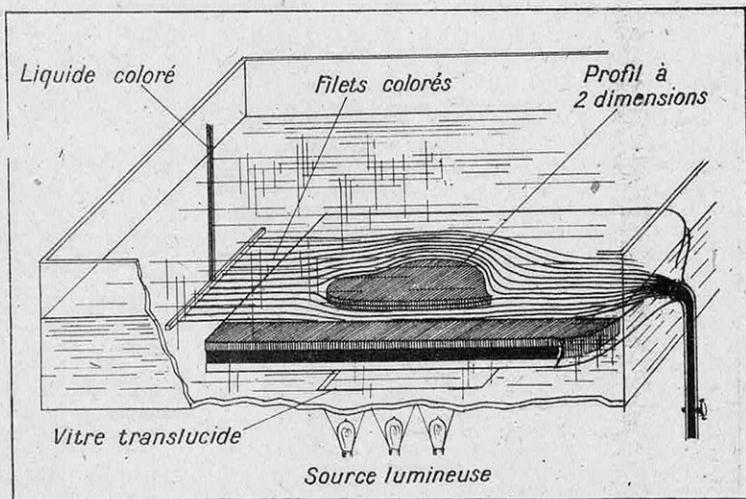


FIG. 2. — UNE MÉTHODE SIMPLE POUR RENDRE VISIBLE L'ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE AUTOUR D'UN CORPS PROFILÉ : LA CUVE DE TOUSSAINT

Une maquette à deux dimensions (planche épaisse de 1 cm découpée suivant le profil à étudier) est placée « en sandwich » entre deux lames de verre. Entre ces deux lames circule un courant d'eau établi de telle sorte qu'en l'absence de la maquette les filets liquides soient tous parallèles à un côté des lames de verre (vitesse uniforme en tous les points). Les filets liquides sont « visualisés » par un colorant distribué en des points régulièrement espacés sur une rampe en amont de l'écoulement laminaire. La maquette perturbe l'écoulement des filets liquides que l'on observe par transparence en disposant au-dessous une vitre translucide fortement éclairée.

méthodes ingénieuses ont permis de rendre visible l'écoulement des filets d'air au contact immédiat du solide (à l'aide, par exemple, de rubans de papier attachés en certains points, ou de peinture fluide), sur les parois de la maquette ou à son voisinage (à l'aide de filets de fumée.)

Une méthode très simple pour rendre visibles les écoulements est celle de la cuve de Toussaint (fig. 2) où ils sont observés dans deux dimensions seulement. Dans un écoulement d'eau plan limité par deux glaces parallèles, on place une maquette découpée dans une planchette de 1 cm d'épaisseur; des orifices accessoires émettent des filets d'eau colorée qui matérialisent la forme de l'écoulement.

L'allure du phénomène varie très profondément avec la forme du solide opposé au fluide. Derrière une surface plane perpendiculaire au

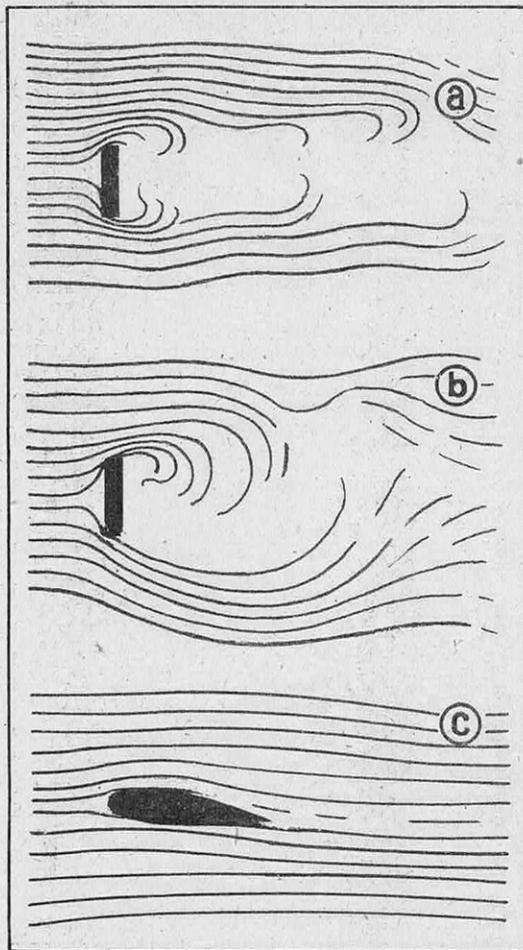


FIG. 3. — TROIS EXEMPLES D'ÉCOULEMENT DES FILETS LIQUIDES DANS UNE CUVE DE TOUSSAINT

En a et b, une petite planchette perpendiculaire au courant produit une perturbation profonde des filets liquides qui engendrent des tourbillons symétriques a ou alternés b. En c, un profil d'aile calé à une incidence qui correspondrait dans la réalité à une valeur positive de la portance. L'écoulement est légèrement perturbé derrière le bord de fuite de l'aile, mais le brassage du fluide est beaucoup moins profond qu'en a et b.

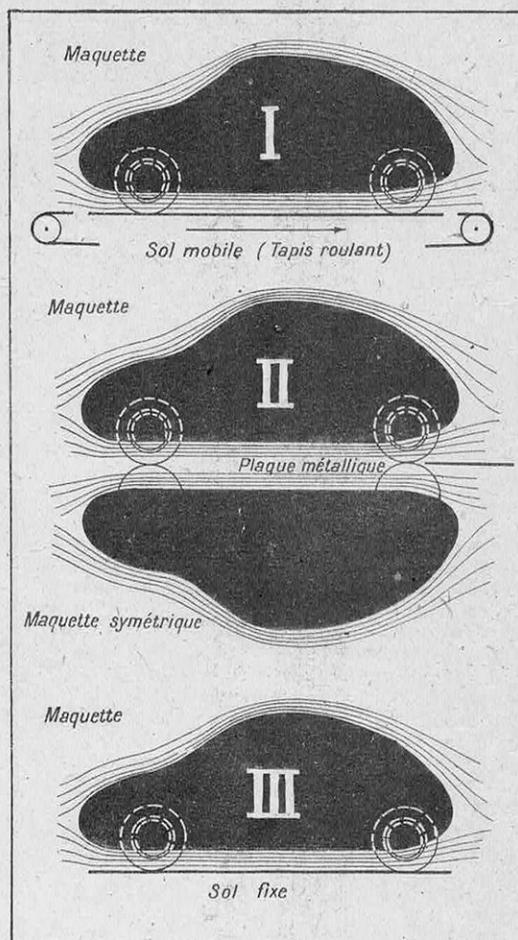


FIG. 4. — TROIS PROCÉDÉS D'ÉTUDE D'UNE MAQUETTE D'AUTOMOBILE EN SOUFFLERIE

En I, la maquette immobile «roule» sur un tapis mobile se déplaçant dans le même sens et à la même vitesse que le courant d'air de la soufflerie. Cette méthode est la plus satisfaisante en théorie, puisqu'elle assure l'immobilité relative du sol et de la route, condition dans laquelle on se place d'une façon aussi approchée que possible pour les essais sur route, mais elle est délicate à mettre en œuvre, car il est difficile de faire marcher à la même vitesse le tapis et le courant d'air. En II, on remplace le sol par une image de la première maquette, ce qui assure une répartition des filets d'air sensiblement analogue à celle qu'on obtient avec un «sol»; une tôle située en aval et suivant le plan de symétrie des deux maquettes empêche la formation de tourbillons dissymétriques. En III, on renonce à immobiliser le sol par rapport à l'air et on se contente de résultats approchés.

courant d'air, il se forme une dépression qui entraîne des remous très violents (écoulement turbulent) (fig. 3). Ceux-ci peuvent affecter une forme rigoureusement symétrique ou, au contraire, être alternés, le sens de rotation se renversant d'un tourbillon à l'autre, ce qui détruit la symétrie par rapport à l'axe de déplacement du solide.

Les remous sont moins violents avec des solides de forme allongée dans le sens du mouvement, mais, contrairement à ce que le bon

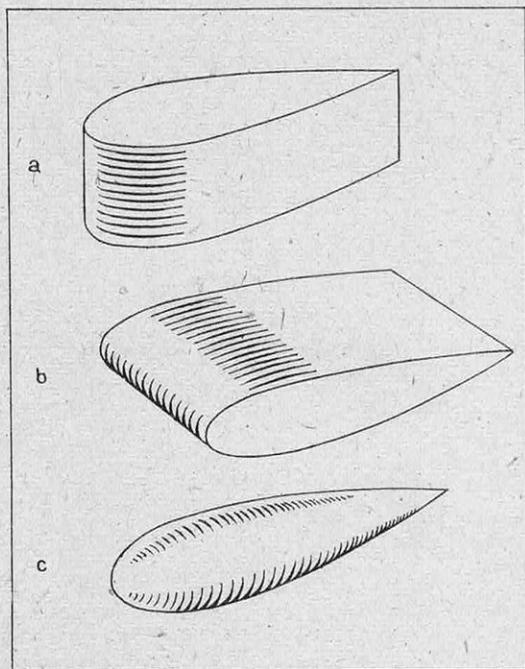


FIG. 5. — LES TROIS FORMES POSSIBLES DE CARÉNAGE DES VOITURES

En a, la caisse en tronçon d'aile a ses génératrices perpendiculaires au sol; c'est la carène à prédominance de l'écoulement latéral (Jaray, Rumpier, Dubonnet, etc.). En b, les génératrices sont parallèles au sol, ce qui conduit à la carène « tank » (Chenard-Walcher), qui constitue le compromis adopté pour la plupart des voitures actuelles. En c, la caisse est intégralement fuselée (Mathis 333).

sens paraît suggérer, ce n'est pas le solide dont l'avant est le plus effilé qui, en « fendant l'air », y pénètre avec la moindre résistance. Le profil de pénétration optimum est celui de la goutte d'eau, arrondie à l'avant et effilée vers l'arrière.

Pour ce profil idéal, les filets d'air écartés par le solide ne « décollent » en aucun point de la surface et ils se rejoignent à l'arrière sans aucun remous (écoulement laminaire). Dans ce cas, on peut admettre que la résistance de l'air est réduite à la seule résistance superficielle.

Comme, dans la pratique, on ne peut songer à éviter complètement le décollement des filets d'air, ce qui amènerait à des formes de carrosserie inhabitables, du moins cherche-t-on à reculer aussi loin que possible la zone où ils se produisent, ce qui conduit à faire évoluer progressivement les rayons de courbure depuis le maître-couple au bord de fuite. On prohibe naturellement le capot tronqué où la caisse se trouverait en décollement total dès l'attaque des filets d'air (1).

Les organes accessoires saillant hors du carénage : ailes, phares, plaques d'identité, etc..

(1) L'étude des maquettes en soufflerie a montré qu'une différence essentielle entre, les profils se rapprochant de la forme de pénétration maximum et les profils classiques est la suivante : pour les premières, la zone des tourbillons, presque toujours impossible à supprimer complètement, est symétrique par rapport au plan médian de la voiture; pour les carrosseries ordinaires, il existe deux zones situées de part et d'autre de ce plan, zones inégales, à disposition instable et pouvant s'intervertir sans cause apparente. Il en résulte que, dans le lit du vent, la carrosserie profilée est stable alors que la carrosserie ordinaire ne l'est pas; pour cette dernière, tout se passe comme si elle était freinée dissymétriquement par les remous arrière, l'ensemble essieu avant-direction devant constamment la redresser; il n'est pas rare que cette carrosserie présente d'importantes vibrations.

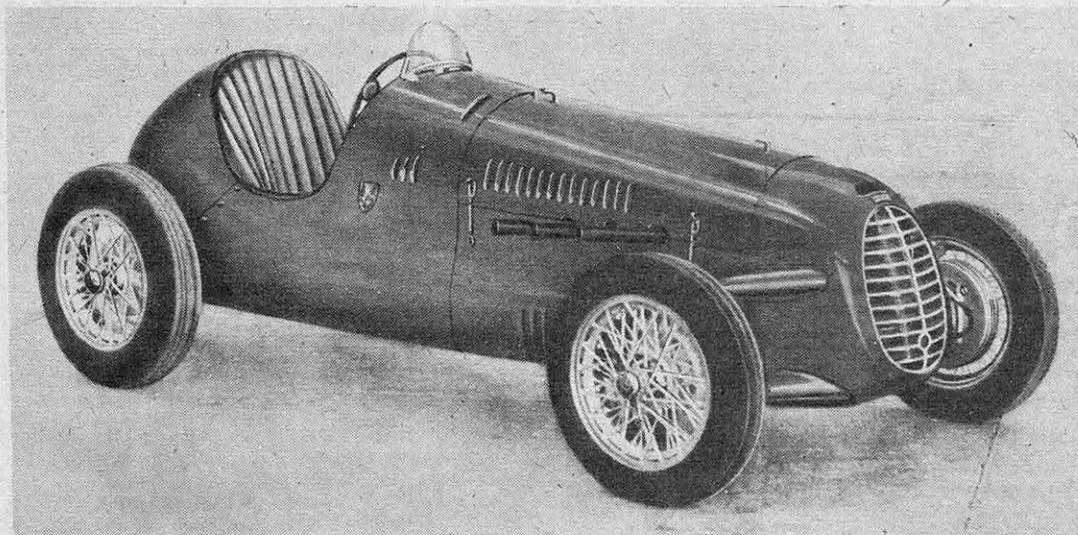


FIG. 6. — PETITE VOITURE DE COURSE CISITALIA D. 46 DE 1 100 CM<sup>3</sup> DE CYLINDRÉE

La stabilité transversale est une qualité essentielle pour une voiture de course appelée à prendre des virages extrêmement raides. C'est pourquoi on donne aux roues un grand écartement et, renonçant à les masquer par un carénage enveloppant, on les éloigne au contraire le plus possible d'une carrosserie dont la principale qualité au point de vue aérodynamique est la petitesse de son maître-couple.

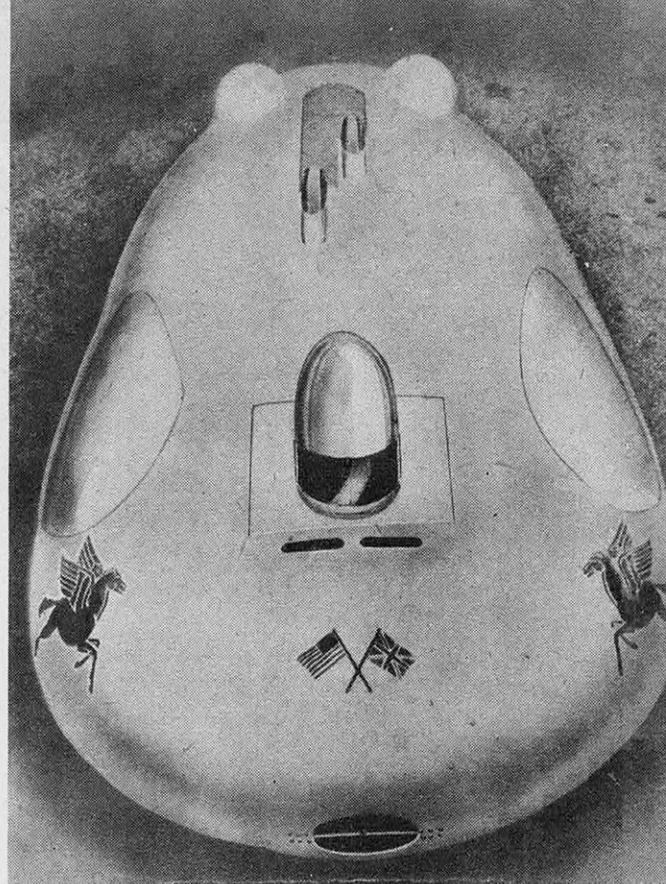
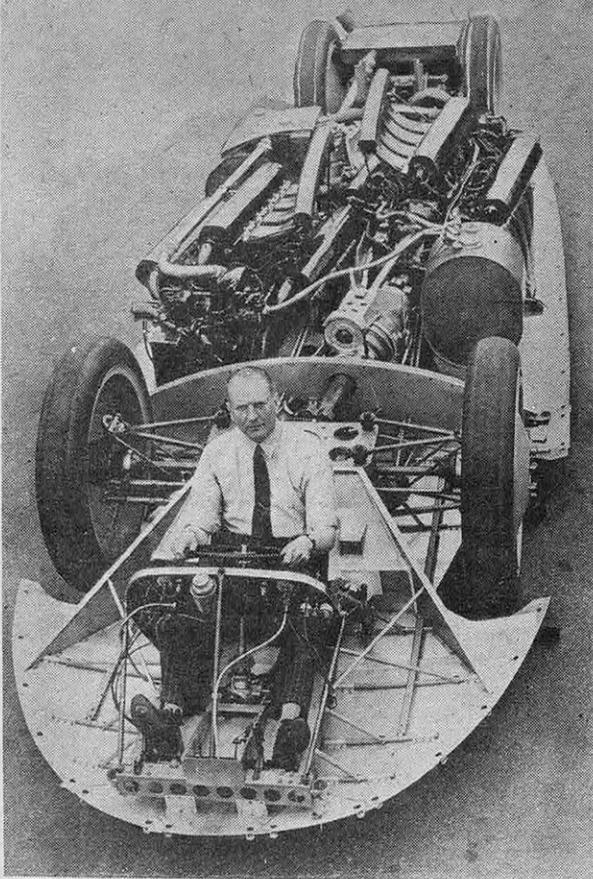


FIG. 7 ET 8. — LA VOITURE RAILTON-MOBIL-SPECIAL AVEC LAQUELLE JOHN COBB TENTERA DE BATTRE LE RECORD DE VITESSE PURE POUR VÉHICULES TERRESTRES

A droite : Le carénage de la voiture qui se rapproche autant que possible du profil de la « goutte d'eau » ; les roues sont presque totalement masquées par le carénage dont la seule protubérance importante est constituée par l'habitacle du pilote. A gauche : La carrosserie enlevée permet de voir que le dessous de la voiture a été caréné avec autant de soin que la superstructure. La Railton-Mail est propulsée par deux moteurs d'avion Napier de 1 250 ch.

amorcent également des décollements des filets d'air et sont la source de résistances supplémentaires importantes. Ces faits ont été étudiés expérimentalement en particulier par l'ingénieur Andraeu qui, vers 1934, indiqua qu'on pouvait diminuer la résistance aérodynamique de 3 % en remplaçant les ailes par un carénage enveloppant les roues, et de 11 % en supprimant les phares extérieurs. L'interaction de deux profilages au voisinage l'un de l'autre est comparable au phénomène d'écoulement d'eau entre les piles d'un pont : plus les profils sont rapprochés, plus leurs lignes de courant se rencontrent suivant les angles plus ouverts, et plus sensible est l'interaction.

La première condition d'un profilage bien conçu est donc que les accessoires de la carrosserie soient fondus sans discontinuité dans le carénage. Cependant les roues, si bien enveloppées qu'elles soient dans le carénage, ne peuvent être masquées complètement. Dans certains cas d'ailleurs (voitures de courses qui doivent avoir une voie importante pour des raisons de stabilité), il faut renoncer à cette solution qui conduirait à des valeurs trop importantes du maître-couple, et on augmente encore la voie pour éloigner les roues de la carrosserie et supprimer ainsi les interactions.

Enfin l'automobile ne se déplace pas comme l'avion dans un fluide pratiquement illimité dans toutes les dimensions : elle se trouve à une

distance du sol que l'on ne peut augmenter au delà d'une certaine valeur sans nuire à la stabilité. L'écoulement général des filets ne peut être correct que si l'air passe sous la coque sans s'échapper latéralement ; le fond de la voiture doit alors être tel que, si l'on dispose deux maquettes identiques symétriquement par rapport à son axe figurant le sol, les fonds délimitent un espace du profil convergent-divergent convenable qui s'évase doucement dans les deux sens pour ne pas donner lieu à un décollement des filets.

#### La mesure du coefficient de traînée

L'étude qualitative de l'écoulement de l'air autour des solides était nécessaire pour contrôler la valeur des méthodes de mesure du coefficient de traînée des véhicules.

La méthode qui paraît en effet la plus séduisante pour étudier des carénages consiste à habiller le même châssis avec des carénages différents et à mesurer la vitesse maximum réalisée avec chacun d'eux en palier et par vent nul. Il va sans dire que de tels essais — qui supposent réalisées des conditions impossibles à réunir à volonté et qui, en raison des frais qu'ils entraînent, ne permettent de comparer qu'un très petit nombre de profils — ne peuvent être que le couronnement d'une longue série d'expériences de laboratoire et constituent plutôt une démonstration de l'efficacité d'un carénage

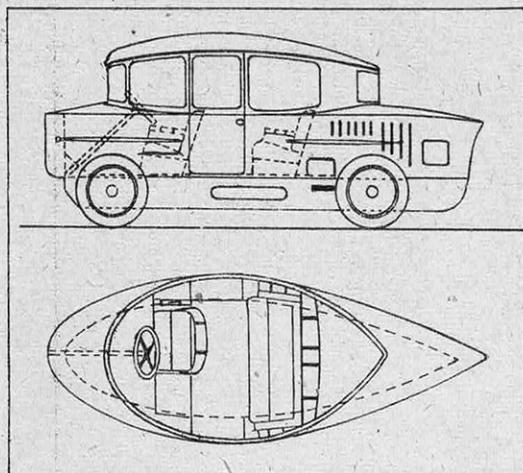


FIG. 10. — LA VOITURE CHENARD « MISTRAL » DESSINÉE PAR MAUBOUSSIN (1932)

Ce modèle, inspiré lui aussi des travaux de Jaray, comportait une dérive verticale obtenue en prolongeant les lignes d'eau de l'habitacle vers l'arrière. Les roues arrière, nettement extérieures à la carrosserie, étaient cependant complètement protégées par une aile enveloppante raccordée au carénage. Le  $C_x$  de cette voiture était de 0,218, valeur très faible pour l'époque et qui lui permettait, à la vitesse de 160 km/h, de réaliser une économie de carburant atteignant près de 60 % par rapport aux voitures carrossées de façon classique.

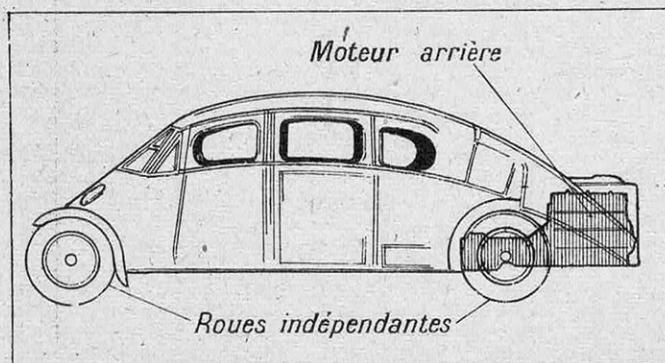


FIG. 12. — LE CARÉNAGE DU TYPE « TANK » DE LA VOITURE CHENARD (1924)

Le carénage en trois corps se rapproche d'une aile d'avion avec bord d'attaque et bord de fuite. En conduite intérieure, ce type de profilage se prête admirablement au carénage des roues et son faible prix de revient le désigne pour une voiture type populaire. Pour une carrosserie du type torpédo, au contraire, les remous apparaissant au niveau de la portion non profilée de la voiture occupée par les passagers font perdre une grande partie du bénéfice dû au carénage. La voiture Chenard carrossée en torpédo présentait un  $C_x$  de 0,52 ou 0,32 suivant qu'on ouvrait ou fermait les cockpits.

FIG. 9. — LA VOITURE RUMPLER INSPIRÉE DES TRAVAUX DE JARAY (1921)

Ancêtre des voitures à carénage à circulation latérale, elle présente toutes les caractéristiques — notamment le moteur à l'arrière — qui furent développées par la suite. Ici, tout a été disposé pour respecter le contour théorique de la carène (la roue de secours est posée à plat à l'intérieur), les ailes sont constituées par des plans minces horizontaux. Toutefois, la largeur insuffisante de la voie ne permettait pas d'éviter une interaction entre les roues et la carène nuisant à la bonne pénétration dans l'air.

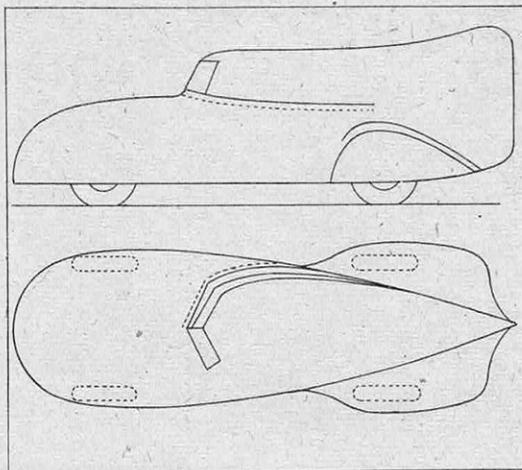
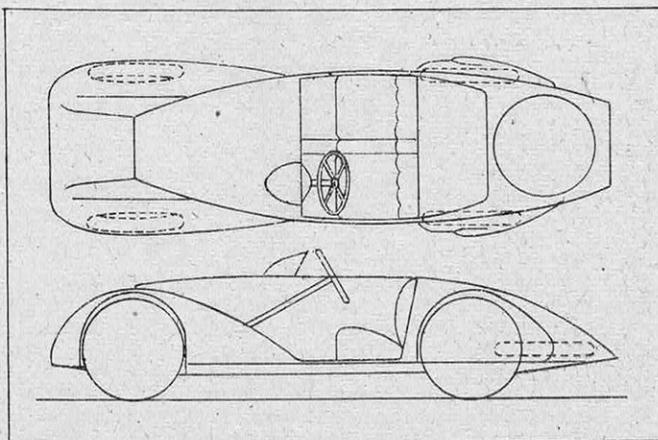


FIG. 11. — LE CARÉNAGE A CIRCULATION LATÉRALE DE LA VOITURE ANGLAISE BURNEY

Cette voiture comportait un certain nombre de solutions révolutionnaires pour l'époque, dont la principale était la suppression du châssis au profit d'un ensemble en poutre armée favorisant le profilage et la résistance. Ces solutions n'avaient pas été adoptées arbitrairement. Ainsi le rejet du moteur à l'arrière, imposé par l'étréitesse relative de ce carénage, reportait le centre de gravité au tiers de l'empattement en avant de l'essieu arrière, ce qui donnait une grande adhérence aux roues au moment du freinage.



qu'un procédé de recherche du carénage optimum.

Dans la pratique les recherches s'effectuent sur des maquettes, les conditions de l'expérience et les résultats obtenus devant être affectés de coefficients convenables pour tenir compte des lois de la similitude.

Les mesures des forces qui s'exercent sur des maquettes placées dans une soufflerie ont été d'abord imaginées pour l'étude des profils d'avions ou de dirigeables. Les maquettes d'automobiles offrent une difficulté supplémentaire : on doit tenir compte de la réaction du sol qui, dans les essais en vraie grandeur, est immobile par rapport à l'atmosphère. En soufflerie, c'est la maquette qui est immobile et l'air qui se déplace, et, pour obtenir des résultats rigoureusement corrects, on devrait réaliser un sol mobile (tapis roulant) se déplaçant sous la voiture-maquette à une vitesse égale à celle du vent de la soufflerie (fig. 4); la mise au point d'un tel dispositif s'est révélée délicate. On s'est adressé alors à la méthode dite des « images » où l'on dispose sous la maquette étudiée une deuxième maquette retournée, rigoureusement symétrique de la première. C'est un procédé qui équivaut à remplacer l'action d'une paroi au voisinage d'une aile sustentatrice par celle de tourbillons images symétriques. Pour tenir compte des tourbillons prenant naissance à l'arrière de chacune des maquettes, tourbillons pouvant donner naissance à une interaction mutuelle qui n'existe pas en pratique, on dispose, en cet endroit, une tôle fixe figurant le sol.

Enfin, on peut renoncer à reproduire exactement les conditions de la réalité et se contenter d'un sol immobile par rapport à la voiture et par conséquent se déplaçant par rapport à l'atmosphère. Ce procédé donne des résultats

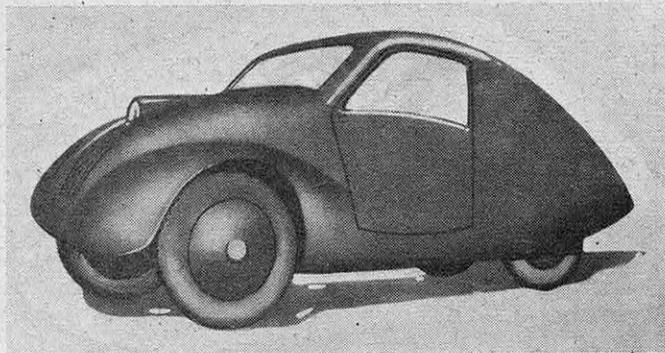


FIG. 13. — PROJET DE VOITURE POPULAIRE DE M. ANGELI (1935)

Ce projet fut primé au concours S. I. A. de la voiture populaire. C'est une carène « tank » qui fut essayée au Laboratoire Eiffel et à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr. Pour un maître-couple de  $1,6 \text{ m}^2$  le  $C_x$  était de 0,288, très voisin de celui de la Chenard « Mistral ».

valables à condition que la carène étudiée ne soit que modérément profilée ; il ne conviendrait pas, pour le cas extrême, d'une carène se rapprochant du profil idéal.

### Les trois formules de carénage

Les carénages pouvant être adaptés à la caisse d'une voiture sont de trois sortes : ils peuvent affecter la forme d'un tronçon d'aile, dont les génératrices peuvent être parallèles ou perpendiculaires au sol, ou, solution plus satisfaisante, mais plus difficilement réalisable, celle d'un corps fuselé (fig. 5). Examinons les avantages et les inconvénients de ces trois dispositions.

Dans la caisse en forme d'aile à génératrices verticales, l'écoulement de l'air est à prédominance canalisée latérale : une des premières voitures carénées selon ce dispositif fut la voiture Rumpier, inspirée des idées de Jaray (fig. 9). Cette voiture présentait pour l'époque (1921) un ensemble de réalisations mécaniques révolutionnaires — châssis à deux longerons de grande hauteur d'âme, passagers entre les essieux, bloc moteur à l'arrière, etc. — qui ont fait école depuis.

La même idée devait inspirer Claveau en 1924, pour une conduite intérieure étudiée pour le Grand Prix de Lyon, puis en 1929, avec une conduite intérieure de tourisme à carrosserie coque dont le groupe motopropulseur était disposé à l'arrière et dont les quatre roues à suspensions indépendantes étaient directrices. En 1936, nous trouvons la Chenard dessinée par l'avionneur Mauboussin, c'est la fameuse voiture « Mistral » dérivée des travaux de Jaray et comportant une dérive arrière (fig. 10). Enfin, en 1935, toujours dans le même esprit, c'est la voiture allemande Maybach.

A peu près à la même époque, Dubonnet, prenant le problème d'une manière nouvelle, s'efforçait de créer une voiture carénée à partir d'un tracé prédéterminé alors que, jusqu'à présent, on

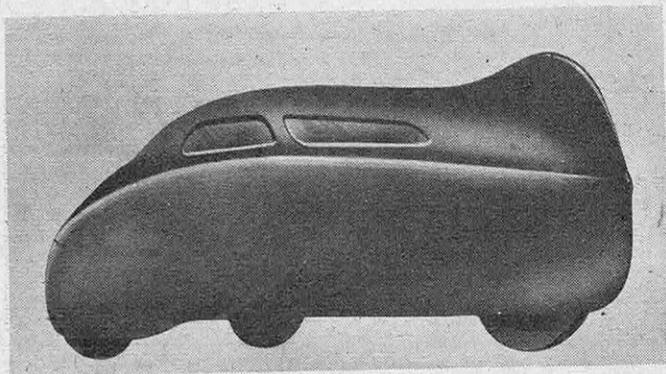


FIG. 14. — PROJET DE VOITURE POPULAIRE DE M. ANDREAU (1935)

Ce projet, qui fut exposé au même concours que le projet de la figure 13, peut être considéré comme le prototype de la Mathis 333. Il s'agit d'un corps fuselé enveloppant une voiture à deux roues avant directrices et une roue arrière motrice et carénée par un prolongement du bord inférieur de la dérive verticale. Sur la Mathis, la dérive a été supprimée comme inutile pour les vitesses prévues et les roues avant sont à la fois tractrices et directrices.

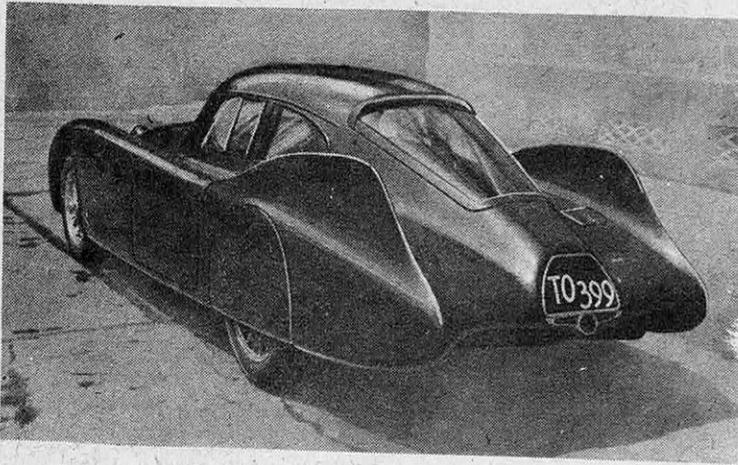


FIG. 15. — LA CARROSSERIE DU TYPE « TANK » DE LA CONDUITE INTÉRIEURE CISITALIA « MILLE MIGLIA »

Le carénage de cette voiture se rapproche autant que possible de l'aile de l'avion : formes arrondies à l'avant et fuyantes à l'arrière. Les ailes avant et arrière sont fondues dans un même carénage et se terminent à l'arrière par une dérive. A la puissance maximum (65 ch), la « Mille Miglia » atteint une vitesse de 195 km/h en palier.

s'était efforcé de caréner un châssis orthodoxe. Les résultats furent très encourageants : alors que la Ford V8 de série de l'époque ne dépassait pas 128 km/h, la Dubonnet, équipée du même moteur, atteignit 175 km/h. Les roues avant de la Dubonnet étaient encastrées dans la coque, ce qui obligeait à placer le siège du conducteur devant l'essieu avant, solution peu recommandable tant pour la sécurité que pour le confort. Les roues arrière carénées individuellement, étaient dissymétriques et dégagées de la coque pour éviter l'interaction.

Le grand mérite de Dubonnet a consisté à montrer que ce système de carénage, que Burney avait déjà expérimenté en Angleterre (fig. 11), convient surtout pour les voitures de sport à une seule rangée de sièges en raison du rétrécissement rapide des formes ; de plus, faute de pouvoir loger commodément l'arbre de transmission, il faut prévoir le moteur à l'arrière, solution toujours discutée de nos jours et à laquelle on semble préférer de plus en plus la traction par les roues avant en dépit de la servitude obligatoire du joint homocinétique (1).

Remarquons que ce type de carénage, séduisant lorsqu'on envisage la caisse nue posée sur le sol, l'est beaucoup moins lorsqu'on fait entrer en ligne de compte la question des roues. Sauf avec une voiture à trois roues ou une quatre-roues à voie arrière excessivement réduite, la carène à circulation latérale ne se prête pas à l'enveloppement des roues qui doivent être profilées séparément. Il y a augmentation du maître-couple et, même avec des carénages dissymétriques, on ne peut pas dégager suffisamment les profils pour éviter l'interaction.

La deuxième solution, qui consiste à donner au fuselage la forme d'un tronçon d'aile aux géné-

(1) Il s'agit d'un double cardan qui permet à l'arbre entraîné de tourner à une vitesse uniforme quel que soit l'angle avec l'arbre entraîneur. (Voir *Science et Vie* n° 331, avril 1945, page 160, et n° 350, novembre 1946, page 210).

atrices parallèles au sol, conduit à la forme de carène dite « tank ». Ici, l'interaction due au sol est sensible, car cette carène, pour des raisons d'habitabilité, ne peut presque jamais être calée à l'incidence de portance rigoureusement nulle. La portance aura pour effet de déléster les roues avant à grande vitesse. Par contre, la carène tank enveloppe facilement les roues sans augmentation sensible du maître couple et sa réalisation industrielle ne souffre aucune difficulté.

Le plus connu de tous les carénages « tank » est celui que Chenard présentait en 1924 (fig. 12). Il est composé d'un corps central en forme de parallépipède raccordé à l'avant et à l'arrière par des carénages. Le tank Chenard carrossé en torpédo présentait un  $C_x$  de 0,52 ou de 0,32 selon qu'on ouvrait ou qu'on fermait les cockpits. L'année précédente, Voisin et Bugatti avaient proposé au Grand Prix de l'A.C. F. à Tours des solutions similaires qui tentaient de se rapprocher du profil de l'aile d'avion.

Quoique suivie par quelques constructeurs, cette solution ne paraît pas avoir beaucoup retenu l'attention ; cependant, il y a lieu de remarquer qu'au concours de la voiture économique institué par la S. I. A. en 1935, la plupart des projets proposés se ralliaient à la carrosserie tank en raison de l'économie d'usinage à laquelle elle conduit. Une des plus étudiées était celle de M. J. Angeli, qui obtint le premier prix (fig. 13) et dont le  $C_x$  était très voisin de celui de la Chenard « Mistral ».

Il est probable que le jour où l'on remettra sérieusement à l'étude la voiture populaire telle qu'elle avait été conçue en Allemagne quelques années avant la guerre, la carrosserie tank a des chances sérieuses d'être finalement adoptée.

Reste enfin la troisième solution qui est de faire dériver la carène des corps fuselés. Dans cette branche, il faut mentionner les travaux du spécialiste Andreau qui est passé maître dans l'art d'utiliser les carènes fuselées. Dès avant 1937, il se signalait à l'attention grâce au profilage qu'il avait dessiné pour le « Thunderbolt » avec lequel le capitaine Eyston battait le record du monde de vitesse ; pour ce bolide, la résistance aérodynamique n'absorbait que le quart de la résistance totale à la vitesse de 513 km/h, alors que, jusque-là, cette résistance absorbait presque toute la puissance des voitures de record. Il s'agissait d'un fuselage de section rectangulaire de contour elliptique à l'avant et parabolique à l'arrière avec raccords au second ordre ; les roues étaient dissimulées dans le carénage. Le  $C_x$  de ce véhicule, long de 10 m avec carène à 18 cm du sol, n'était que de 0,119. Cette voiture comportait une dérive arrière à contour très allongé et un frein aérodynamique.

Pour le concours S. I. A. 1935, Andreau avait

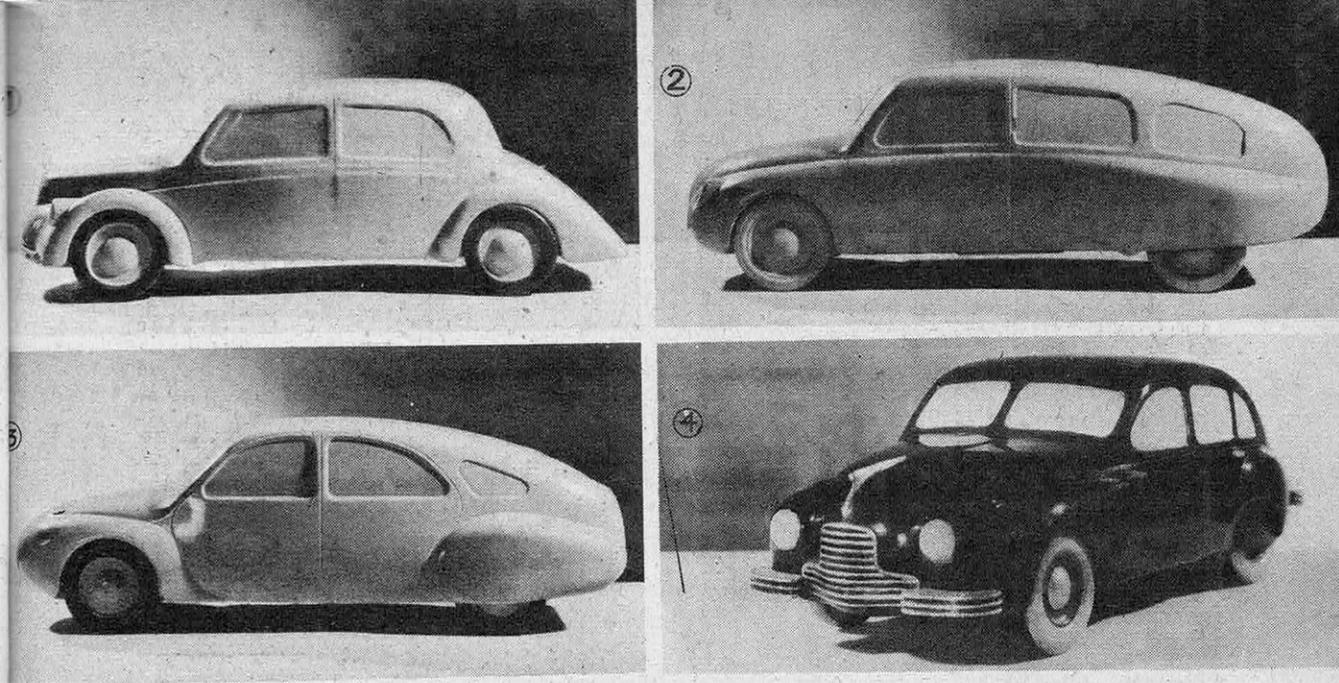


FIG. 16, 17, 18 ET 19. — QUATRE MAQUETTES AYANT SERVI AUX ÉTUDES EN SOUFFLERIE DE LA NOUVELLE  
II CHEVAUX GRÉGOIRE-ALUMINIUM FRANÇAIS

*Cette voiture, qui est remarquable par son poids réduit, a été minutieusement étudiée au point de vue aérodynamique. Le carénage définitif (4) est le résultat d'une évolution convergente dont les points de départ furent, d'une part, un carénage de type-classique (1) tenant compte des conditions d'habitabilité, de confort, de visibilité et d'accessibilité, carénage qu'on avait simplement amélioré au point de vue pénétration dans l'air, et, d'autre part, un profil idéal (2) ne tenant pas compte de ces conditions. Les Cx de ces différentes maquettes au 1/10 sont respectivement de 0,43 pour (1), de 0,31 pour (2), de 0,26 pour (3) et de 0,2 pour (4). Mais les mesures effectuées sur la voiture, en vraie grandeur, équipée de tous les organes émergeant de la carrosserie ont donné une valeur du Cx égale à 0,32.*

dessiné une voiture fuselée (fig. 14) à deux roues avant directrices et une roue arrière motrice carénée par une prolongation inférieure de la dérive. La Mathis 333 est dérivée de cette première étude (1).

Tous les cas que nous venons d'étudier sont évidemment des cas extrêmes. La construction de série le plus souvent se contente de suivre ces directives principales avec un certain décalage dans le temps et une moins grande hardiesse dans les réalisations.

Il est bon de remarquer que, dans le domaine de la voiture carénée, la France conserve une place de choix ; on dit bien que les Américains ont fait quelque effort dans ce sens depuis l'apparition du modèle « Airflow », qui n'était pas exempt de critiques. Mais la déformation systématique du radiateur telle qu'elle est pratiquée de l'autre côté de l'Atlantique pour donner au véhicule la forme « goutte d'eau » n'empêche nullement que l'on puisse relever sur les dessins certaines interférences qui nuisent gravement à l'écoulement de l'air.

Pour l'Europe — et particulièrement pour la France — il semble que l'on se soit rendu compte que la dualité du châssis et de la carrosserie ne se prête pas parfaitement à la réalisation de formes de bonne pénétration. Actuellement, au lieu d'habiller le châssis à l'aide d'une carrosserie rapportée, on fond les deux parties en une coque rigide de sorte que tout l'ensemble de la voiture participe à la résistance. Le carénage en est simplifié et une solution moyenne consiste à établir soigneusement un avant de type tank en prenant quelque liberté pour l'habitacle. Le résultat est des plus satisfaisant.

### L'utilisation de la puissance économisée

Nous avons vu que la recherche des meilleures formes de pénétration dans l'air conduit parfois à remanier profondément la construction des voitures. En ce qui concerne le moteur et la transmission, ceux-ci doivent toujours être modifiés pour tirer le meilleur parti du gain de puissance réalisé par l'amélioration des qualités aérodynamiques.

À égalité de masse et sur une route en palier, parcourue à la même vitesse, la puissance absorbée pour vaincre la résistance aérodynamique peut être réduite dans le rapport de 3 à 1 en passant du véhicule non profilé au véhicule bien conçu au point de vue de sa pénétration dans l'air. Le véhicule profilé se trouvera donc posséder une réserve de puissance plus grande que le véhicule non profilé. Si la voiture était propulsée par un moteur parfaitement souple, l'utilisation de ce gain de puissance ne poserait aucun problème : en faisant fonctionner le moteur à la même vitesse de rotation, on réaliserait un régime plus économique, et en utilisant le moteur à pleine puissance et à une vitesse de rotation plus grande, on obtiendrait des vitesses nettement supérieures du véhicule.

Mais le moteur à explosion fonctionne dans des limites de régime assez étroites entre lesquelles il risque ou de chauffer exagérément, ou de caler. Une nouvelle étude de la puissance nécessaire et des démultiplications qui doivent être interposées entre l'arbre et l'essieu est donc nécessaire pour éviter soit de doter la voiture d'un moteur de puissance surabondante, donc peu économique, soit d'affaiblir outre mesure son système propulsif et de manquer de puissance dans les dénivellations. Ici encore un compromis doit être adopté, qui sera différent selon le type de voiture qu'on veut réaliser.

(1) Voir *Science et Vie*, n° 347, août 1946, pages 94 et 95, et n° 350, novembre 1946, page 212).

# POSTES DE RADIO MINIATURES

par Jean CASTELLAN

*Les amateurs d'anticipations ont souvent évoqué le téléphone de poche de l'avenir, qui permettrait à toute personne isolée, en quelque endroit qu'elle se trouve, d'entrer en communication avec un interlocuteur de son choix. Sans aller jusqu'à ce perfectionnement, la technique américaine des postes de radio sur ondes courtes avec « circuits imprimés » permet déjà d'obtenir une communication radiophonique poste à poste correcte, sur une longueur d'onde déterminée à l'avance, avec des appareils d'un encombrement remarquablement réduit.*

La technique des postes portatifs de téléphonie sans fil a fait un grand progrès pendant la guerre, grâce à l'emploi d'ondes de plus en plus courtes, qui a permis de réduire considérablement les dimensions des lampes et de tous les organes de ces postes.

En 1939-1940, nos armées ne disposaient, pour leurs liaisons tactiques, que de postes encombrants, avec antenne souple portée par des pylônes, qu'une équipe de trois hommes entraînés mettait plusieurs minutes à installer et dont le réglage était assez délicat, surtout pour les postes fonctionnant en « phonie » (la plupart des émetteurs ne fonctionnaient qu'en « graphie »).

Le poste E. R. 40 de l'armée française, à ondes très courtes, constituait déjà un gros progrès : il comportait une caisse portable à dos d'homme pendant le fonctionnement et munie de deux antennes rigides télescopiques de un mètre environ, l'une verticale, l'autre horizontale, une boîte d'alimentation portable à la main, un casque avec écouteurs et un microphone. Un seul bouton permettait de régler simultanément la longueur d'onde de l'émission et de la réception et un commutateur assurait le passage de l'une à l'autre. Mais la portée de cet appareil ne dépassait pratiquement pas les limites de la vision directe, car tout « masque » pour la vue (colline ou bois) constituait pratiquement un obstacle pour l'émission.

L'armée américaine a employé le *walkie-talkie*, beaucoup plus maniable, qui se compose d'une petite boîte allongée prolongée par une seule antenne, avec écouteur et microphone sur l'appareil lui-même ; il constitue donc une sorte de « combiné » téléphonique (1).

(1) Voir : « La guerre des ondes » (Science et Vie, n° 355, avril 1947, page 160).

La tendance aux postes émetteurs et récepteurs miniatures se développe de plus en plus aux États-Unis, où les ingénieurs du *National Bureau of Standards* du ministère du Commerce étudient des matériels dont la réalisation fait appel à des techniques tout à fait nouvelles.

Des condensateurs en matière céramique de haute capacité diélectrique, qui ne mesurent que quelques millimètres de diamètre et quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur, des lampes de la grosseur d'une noisette ont permis, en effet, de construire des postes récepteurs à quatre lampes, de la taille d'un paquet de cigarettes, et des postes émetteurs à une lampe, de la dimension d'un bâton de rouge à lèvres.

Les circuits intérieurs, au lieu d'être construits en fils métalliques soudés, sont dessinés sur une

plaquette isolante en matière plastique (stéatite ou lucite) avec une peinture obtenue en mélangeant de la poudre d'argent à du silicate de soude ou à une laque dissoute dans de l'acétate ; cette peinture forme en séchant une mince couche de métal conducteur. Les selfs sont également imprimées sous forme de spirales, mais la peinture conductrice est remplacée de préférence par un placage d'argent, afin que la résistance soit encore plus faible.

Pour les émetteurs, c'est sur le tube de protection de la lampe elle-même, ou sur un cylindre de stéatite entourant ce tube que les circuits sont dessinés.

Une propreté absolue de la plaque est nécessaire pour que les peintures aient l'adhérence voulue. Par exemple, pour peindre les circuits sur le tube de verre d'un émetteur, celui-ci est d'abord recouvert d'un stencil portant les circuits dessinés et soumis à l'attaque de vapeurs d'acide fluorhydrique qui le dépolissent ; puis il est plongé dans de la soude caustique pour neutraliser l'acide, soigneusement lavé au savon pour ôter le stencil et rin-



FIG. 1. — LE PLUS PETIT POSTE ÉMETTEUR DU MONDE.

Le Dr Cledo Brunetti, du National Bureau of Standards, tient le microphone dans sa main droite et l'émetteur proprement dit entre le pouce et l'index de sa main gauche. Ce dernier mesure 25 mm de long et 6 mm de diamètre (U. S. I. S.).

cé à l'eau distillée. C'est seulement alors que la peinture conductrice est appliquée au vaporisateur ou au pinceau et adhère fortement sur les parties dépolies par l'acide. Les résistances sont faites d'une peinture contenant de la poudre de graphite, du noir de fumée, une laque au méthyl-méthacrylate et du toluène. Condensateurs et lampes sont soudés sur la plaquette ainsi préparée.

La partie la plus encombrante de ces appareils est constituée par les accessoires, microphones, haut-parleurs, batteries d'alimentation et, éventuellement, antennes, bien que ces accessoires eux-mêmes puissent être remplacés par des modèles miniatures spécialement conçus pour rendre l'ensemble susceptible d'être mis dans la poche.

L'émetteur peut être fixé directement sur une petite batterie d'accumulateurs de la grosseur d'une boîte d'allumettes et relié à un tout petit microphone de cristal pouvant s'accrocher à la cravate. On peut employer facultativement une antenne de 40 à 50 cm, rigide ou télescopique.

Ces divers appareils sont conçus pour fonctionner sur une bande comprise entre 132 et 144 mégacycles (2,27 à 2,08 m). L'émission d'un tel poste, qui donne sur une antenne une puissance de 50 milliwatts, fournit théoriquement, à 15 km de distance, un champ de 100 microvolts par mètre, largement suffisant pour permettre la réception par un récepteur miniature.

Mais, en pratique, la difficulté du couplage avec une antenne de grandeur et de forme appropriées

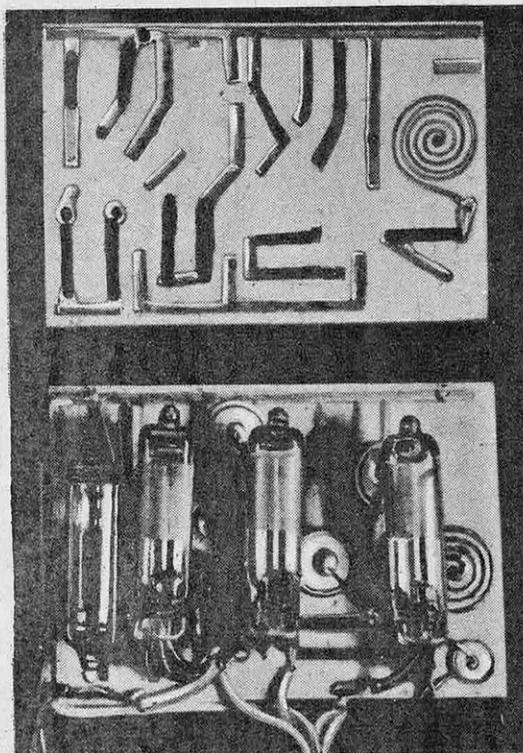


FIG. 3. — UN AUTRE RÉCEPTEUR A QUATRE LAMPES (GRANDEUR RÉELLE)

Les connexions sont ici imprimées sur une plaque de stéatite; tandis que les parties conductrices sont peu apparentes, on voit se détacher très nettement en noir les résistances obtenues avec une peinture au graphite (U. S. I. S.).

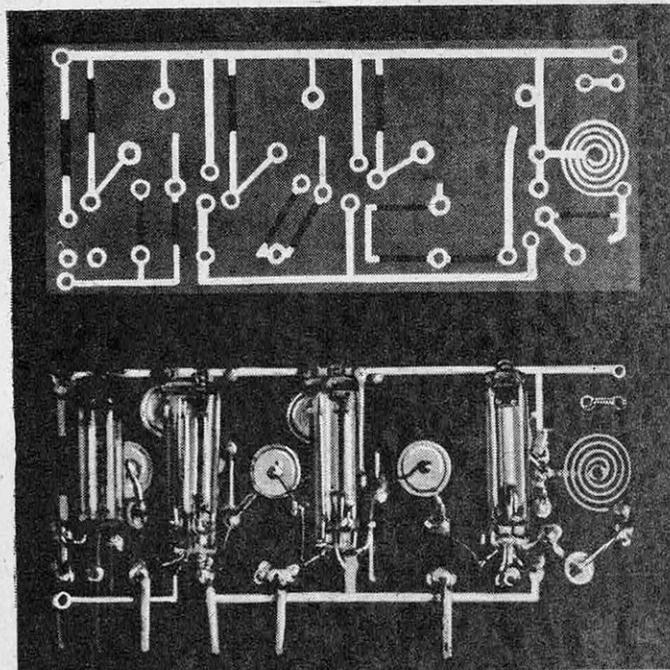


FIG. 2. — UN APPAREIL RÉCEPTEUR MINIATURE A QUATRE LAMPES

La photographie du haut montre comment les circuits ont été imprimés avec une encre conductrice sur une plaque de lucite, sur laquelle ont été ensuite soudés lampes et condensateurs, pour donner l'appareil de réception complet (en bas), qu'il ne reste plus qu'à connecter avec la batterie et les haut-parleurs. Les petits disques blancs sont des condensateurs; on voit à droite un enroulement en spirale représentant une self (U. S. I. S.).

et la présence de divers obstacles matériels empêchant la propagation des ondes courtes, ou les réfléchissant, ne permettent pas de fixer *a priori* une distance maximum de bonne réception.

Les expériences ont été néanmoins très satisfaisantes.

Outre l'intérêt résidant dans le faible encombrement des postes construits, la technique des circuits ainsi dessinés offre une ressource nouvelle : c'est la possibilité de fabriquer en grande série et, par conséquent, à très bon marché les plaquettes portant les circuits, résistances et selfs imprimés, ce qui peut se faire par des procédés entièrement automatiques. De ce point de vue économique, on conçoit donc que cette technique puisse prochainement révolutionner entièrement l'industrie des postes de radio.

# A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

## LES SECRETS DES CHARMEURS DE SERPENTS

Il existe dans certaines régions de l'Amérique du Sud de curieux personnages que l'on nomme les *curanderos* et que les Indiens tiennent pour de redoutables sorciers. Ces *curanderos* sont des Indiens ou des Noirs que des voyageurs dignes de foi décrivent comme n'ayant rien à craindre des serpents ou des insectes venimeux. Ils dressent même des serpents dangereux pour garder leurs champs ou leurs jardins, et eux seuls n'ont rien à en redouter. En d'autres régions, que ce soit aux Indes, en Afrique du Nord, en Afrique noire, les charmeurs de serpents prennent souvent figure de sorciers redoutés. Ces étranges personnages de légende, qui se lèguent de père en fils leurs secrets, sont-ils sur le point de perdre celui-ci ? On peut le penser.

Durant un séjour en Guinée française, A. Chevalier a assisté à de curieuses expériences

faites par trois indigènes pour capturer sans risque des serpents très venimeux de cette colonie tels que najas et vipéridés. Il a relaté ses observations à ce sujet (1).

Pour rendre les serpents non agressifs, ces indigènes Ouobés ramassaient dans la brousse trois plantes vertes : *Ageratum conyzoides* L. (composée), *Bidens pilosa* L. (composée) et *Cyathula prostrata* Blume (amarantacée). Ces plantes étaient pilées et réduites en bouillie après quoi, les charmeurs s'en frottaient les mains et le corps. Ainsi enduits, ils pouvaient approcher et même toucher les serpents sans danger. Si le charmeur enduisait le serpent lui-même sur toute sa longueur, puis, lui ouvrant la gueule, y mettait un peu de cette pâte, le serpent devenait inoffensif pour quiconque. On pouvait alors le manipuler sans qu'il cherchât à piquer ou à mordre (fig. 1). Cette singulière action

(1) A. Chevalier : Plantes employées par les charmeurs de serpents de la haute Côte d'Ivoire pour rendre non agressifs les ophidiens venimeux : *C. R. Ac. Sciences*, 9 avril 1947.

inhibitrice de l'agressivité des serpents dure une semaine environ.

Il est également possible de faire macérer les herbes à chaud dans de l'eau. Un serpent plongé dans une telle macération cesse, pour quelques jours, d'être agressif ou dangereux.

Une autre expérience très analogue fut également faite devant A. Chevalier par un autre charmeur qui utilisait cette fois : *Schwenkia americana* L. (solanée), *Phyllanthus niruri* L. (euphorbiacée), *Premna hispida* Benth (verbénacée), *Feretia canthioides* Hiern (rubiacée).

Une autre plante, l'*Euphorbia hirta* L., a été aussi indiquée comme efficace.

Il semble que ces plantes agissent par les huiles essentielles ou par les résines qu'elles contiennent.

## PEINTURES A BASE DE SUINT DE LAINE

Le suint de laine est un sous-produit auquel on cherche depuis longtemps des débouchés susceptibles de le valoriser au maximum. De nombreux essais ont notamment été tentés en vue de l'utiliser dans l'industrie des peintures, soit en lui incorporant à chaud des substances basiques telles que chaux, oxyde de zinc ou résines, soit en préparant des huiles siccatives par chauffage des acides gras du suint avec des acétates de plomb, de zinc, de manganèse ou de cobalt.

Mais ces procédés n'ont pas donné entière satisfaction, et ce n'est que récemment, pendant la guerre, qu'une firme britannique est parvenue à mettre au point deux produits industriels à base de suint, destinés à la préparation de peintures à l'huile comme à celle de peintures à l'eau à liant gras.

La première, dénommée *crufol*, est un savon de soude fait avec du suint brut et don-

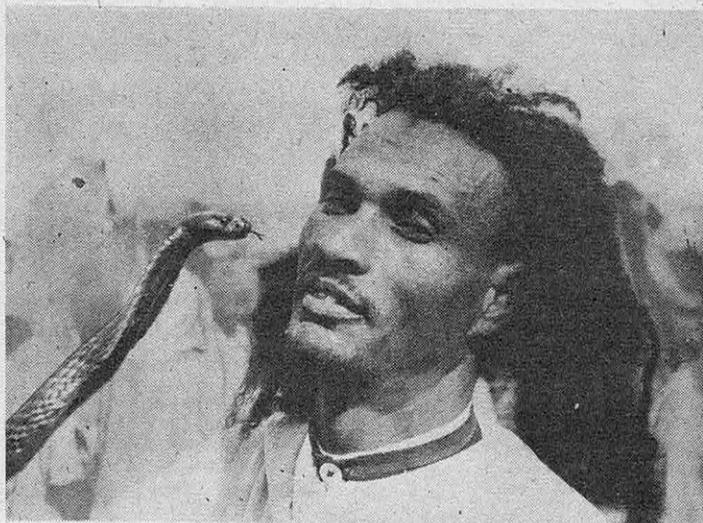


FIG. 1. — UN CHARMEUR DES SERPENT MANIANT SANS PRÉCAUTION APPARENTE UNE DANGEREUSE VIPÈRE AU MAROC

nant dans l'eau une émulsion stable. La seconde, ou *varwolax*, est une huile siccatrice extraite du suint et composée presque exclusivement de matières insaponifiables, donc très résistante aux alcalis. En solution savonneuse, notamment dans le crujol, le *varwolax* s'émulsifie et forme un excellent liant pour peintures à l'eau.

Les peintures à l'eau au crujol-*varwolax* résistent aux moisissures et sont lavables. On peut leur incorporer tous les pigments usuels, sauf ceux qui seraient précipités par le savon (comme l'oxyde de zinc ou certains colorants organiques). Pour la peinture à l'huile, crujol et *varwolax* sont associés en un nouveau produit, le *lanalose*, qui est une résine siccatrice thermoplastique. Le *lanalose* s'utilise aussi bien pour la peinture d'extérieur que d'intérieur. Il donne un éclat satisfaisant et une très bonne résistance aux intempéries.

Crujol et *varwolax* ont été employés sur une vaste échelle pendant la guerre pour la fabrication de peinture de camouflage, et on en fait à présent des peintures pour usages domestiques et industriels. Le *varwolax* a permis d'économiser de grandes quantités d'huile de lin. De plus il donne de meilleurs résultats sur plâtres ou ciments frais que les peintures à liants gras usuels, qui réagissent rapidement sur la chaux et se détériorent pour cette raison.

Le parti que ces produits permettent de tirer du suint de laine montre l'intérêt qu'il y aurait, dans de nombreuses industries, à rechercher une meilleure utilisation de sous-produits souvent dédaignés à tort.

## SEXTANT PÉRISCOPIQUE

On sait qu'il y a quelques mois se produisait au-dessus de l'Atlantique un accident d'aviation d'une nature assez particulière. Un « astrodome », dome en matière plastique transparente, où le navigateur d'un appareil commercial était occupé à prendre un relèvement à l'aide du sextant, fit explosion sous l'effet de la différence de pression à l'intérieur et à l'extérieur de haute altitude. La brusque décompression qui en résulta provoqua des malaises tant parmi les passagers que parmi



FIG. 2. — LE SEXTANT PÉRISCOPIQUE PERMETTANT DE FAIRE LE POINT DANS UN AVION A CABINE ÉTANCHE VOLANT A HAUTE ALTITUDE (KOLLSMAN INSTRUMENT DIVISION)

l'équipage, et le pilote dut précipitamment regagner des altitudes basses et y poursuivre son voyage, sans avoir pu retrouver trace du malheureux observateur qui avait été projeté hors du fuselage immédiatement après l'explosion.

Pour éviter le retour de semblables accidents, l'armée américaine fait étudier un sextant périscopique (fig. 2) qui permet d'observer tout le ciel sans avoir à sortir même la tête de fuselage et qui rend par suite inutile la présence d'un dôme en matière plastique, qui ne peut offrir toute sécurité aux hautes altitudes. Il en résulte d'ailleurs une amélioration des qualités aérodynamiques de l'appareil par suite de la disparition d'une excroissance troublante en permanence l'écoulement des filets d'air le long de la partie supérieure du fuselage.

## REVÊTEMENT ANTIROUILLE EN CAOUTCHOUC CHLORÉ

Les blanchisseries et teintureries répandent toujours dans l'atmosphère des vapeurs corrosives qui exercent des effets dévastateurs sur les installations mécaniques de ces ateliers et sont souvent cause de désastreuses taches de rouille. On a découvert récemment que le caoutchouc chloré constituait le plus efficace des enduits protecteurs contre de telles dégradations (1).

Appliqué sous forme de dis-

(1) *Chemical Age*, LVI, 1455, 31 mai 1947, p. 707.

solution dans un solvant organique, il forme une pellicule ininflammable et non toxique possédant une résistance remarquable tant aux vapeurs corrosives qu'aux liquides acides et alcalins, concentrés ou dilués. Dans de nombreux cas où un commencement de rouille rendait ensuite impossible toute protection efficace, les enduits à base de caoutchouc chloré sont susceptibles de rendre de grands services, spécialement au voisinage d'installations de teinture ou de blanchiment.

Pour la protection de pièces en fer ou en acier, on a mis au point un produit contenant du caoutchouc et du zinc pulvérent, ce dernier servant de

protecteur anodique (on sait que la corrosion est essentiellement un phénomène électrolytique). Pour le revêtement intérieur de réservoirs, on applique le caoutchouc chloré sous forme de pâte molle ou de feuilles flexibles. Certains de ces produits résistent sans dommage à une température de 100°, que ne supporterait pas le caoutchouc ordinaire.

Le caoutchouc chloré peut également servir à imperméabiliser le béton et à le protéger contre les acides et autres corrosifs, ainsi qu'à empêcher les sols en béton de produire de la poussière. Toute partie endommagée du revêtement peut être facilement décapée et enduite à nouveau.

## LE POSITEX CAOUTCHOUC « POSITIF »

La gomme à caoutchouc est un produit végétal qui se trouve sous forme d'émulsion aqueuse dans la sève d'hévéa ou *latex*. Comme toutes les substances biologiques, elle est susceptible d'être attaquée par certains microorganismes et doit donc subir un traitement protecteur contre ces agents pour pouvoir être conservée. C'est ordinairement l'ammoniaque que l'on emploie à cet effet, ce qui a pour conséquence de charger *négative-*

# SCIENCE ET VIE

publiera prochainement un important  
NUMÉRO HORS SÉRIE

# L'AUTOMOBILE ET LA MOTOCYCLETTE

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

**PLUS DE 190 PAGES**

RETENEZ AUJOURD'HUI CE NUMÉRO A TIRAGE LIMITE QUI VOUS SERA ADRESSE FRANCO DES SA PARUTION CONTRE LA SOMME DE **100 FRANCS** (80 francs si vous êtes abonné). Indiquez le numéro de votre abonnement sur le talon du chèque postal. Compte chèque postal : PARIS 125863.

ment les particules en suspension ou *micelles* de gomme.

Or, on a récemment mis au point en Angleterre un procédé d'inversion de la charge électrique des particules qui permet d'obtenir une gomme *positive* douée de propriétés nouvelles extrêmement intéressantes. Ce « caoutchouc positif », ou *Positex*, est vendu sous forme vulcanisée ou non vulcanisée selon l'usage auquel il est destiné. Il est prêt à être utilisé sans autre traitement que l'addition d'eau et un léger ajustement de son taux d'acidité.

L'intérêt du *positex* provient surtout du fait que les fibres textiles se chargent négativement en milieu alcalin. Sa charge étant positive, le *positex* peut donc être déposé sur elles dans les meilleures conditions d'adhérence, tandis que le caoutchouc ordinaire ne le peut pas, puisque des charges de même signe se repoussent.

L'expérience suivante illustre bien cette différence : on prend deux écheveaux de fil de laine bien dégraissés et de torsion modérée. L'un est plongé dans un bain alcalin de gomme naturelle (à 0,75 % de gomme sèche), l'autre dans un bain similaire de *positex*. On maintient dans ces bains une légère agitation pendant quelques minutes, et l'on ne tarde pas à constater que le bain de *positex* se clarifie complètement, toute la gomme étant absorbée par le fil, tandis que rien de semblable n'a lieu dans le bain de gomme naturelle (fig. 3). Une fois séché, l'écheveau traité au *positex* présente un toucher parfaitement normal, car la gomme est fixée non sous forme de pellicule continue,

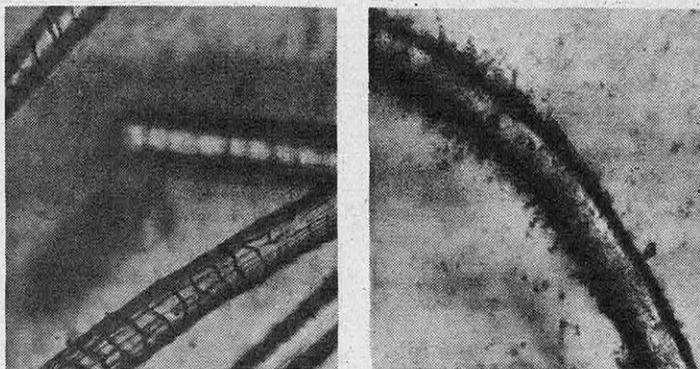


FIG. 3. — FIBRES DE LAINE IMMERGÉES DANS UN LATEX NORMAL (A GAUCHE : AUCUN DÉPÔT DES PARTICULES DE CAOUTCHOUC) ET DANS DU « POSITEX » (A DROITE : PARTICULES DE CAOUTCHOUC SE FIXANT INTIMEMENT SUR LA FIBRE)

mais en fines particules isolées.

On peut déposer ainsi jusqu'à 25 % de caoutchouc sur les filés, mais 10 à 15 %, parfois même 5 à 7 %, sont généralement suffisants. L'absorption se faisant de façon uniforme, on peut traiter les filés en écheveaux ou même en « fromages » sans danger de collage ou de dépôts irréguliers.

Le *positex* augmente le coefficient de frottement réciproque des fibres et permet ainsi de donner aux filés de faible torsion la même résistance qu'avec une forte torsion. On peut donc fabriquer des tissus plus doux au toucher sans perte de solidité. La résistance à l'usure est même très augmentée par le traitement au *positex*, ce qui permet d'utiliser avec profit les fibres dans la fabrication des tapis (fig. 4).

Grâce au *positex*, on peut encore fabriquer du feutre avec des fibres non feutrantées telles

que coton, jute, etc. Ces feutres restent perméables, ce qui est important pour certaines applications. Ils sont élastiques et indéformables, donc particulièrement propres à être utilisés dans l'industrie de la chaussure.

Le *positex* peut également être employé dans la fabrication de tissus à dessins en relief. On l'applique alors avec une machine à imprimer, puis on fait passer le tissu dans une machine à gratter dont l'effet ne s'exerce pas sur les zones préservées par le traitement au *positex*. Enfin, celui-ci peut servir de véhicule pour l'application de pigments, de substances hydrofuges ou protectrices contre les moisissures, etc. Bref son emploi est indiqué dans tous les cas où il peut être utile d'imprégner de caoutchouc des fibres textiles.

## LA GUERRE BACTÉRIOLOGIQUE

ON vient de publier en Amérique le rapport que rédigèrent en 1942, à l'initiative du gouvernement, les D<sup>rs</sup> Théodore Rosebury et Elvin Kabat, sur les effets qui pourraient être obtenus par l'emploi d'armes bactériologiques (1).

Les auteurs commencent par éliminer méthodiquement les maladies qui ne se prêtent pas à être répandues avec un « bon » rendement : la lèpre (période

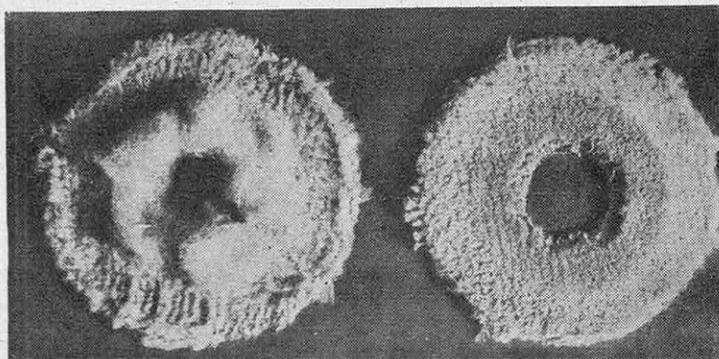


FIG. 4. — ESSAIS D'USURE SUR TAPIS

A gauche : fibres non traitées et désagrégées par le frottement ; à droite : fibres recouvertes de « positex ».

(1) *Time*, 26 mai 1947. — *Médecine et Hygiène*, 1<sup>er</sup> février 1947.

d'incubation trop longue), la petite vérole (trop de gens sont vaccinés), la tuberculose (pas assez contagieuse et trop lente), la peste bubonique (la puce qui la répand est trop fragile), la gangrène gazeuse, etc.

Par contre, sont retenues comme armes susceptibles d'une application pratique les bactéries ou toxines de certaines maladies moins répandues ou moins connues : le botulisme, la maladie de Weil, l'anthrax, la peste pneumonique, etc. La toxine botulinique, par exemple, est de loin le plus puissant des poisons gastro-intestinaux. Elle tue en quelques jours 60 à 70 % de ses victimes. Introduite dans les sources d'eau potable, elle permettrait d'anéantir des populations entières avant qu'aucune mesure de protection pût être prise. Selon le professeur canadien Carter, 50 g de toxine botulinique suffiraient pour exterminer tous les habitants d'un hémisphère et 50 g de toxine tétanique pour provoquer la mort de 100 millions d'individus.

L'anthrax pulmonaire, presque infailliblement fatal, ne peut prendre pied que sur des muqueuses déjà irritées. Son germe pourrait donc « avantageusement » être utilisé conjointement à l'ypérite.

Comme forme d'emploi des bactéries et virus proposés, on suggère des suspensions liquides ou des préparations sèches placées dans des ampoules de verre contenant un générateur de gaz susceptible de disperser les germes pathogènes dans un certain rayon autour du point de chute.

Quoique se cantonnant sur un terrain purement « scientifique », les D<sup>rs</sup> Rosebury et Kabat reconnaissent les « consé-

quences morales monstrueuses » qu'entraînerait l'emploi des armes bactériologiques.

## LES PARASITES DES COQUES DE NAVIRES

Les Anglo-Saxons désignent sous le nom de *barnacles* des crustacés inférieurs de l'ordre des Cirripèdes qui, à l'état de larve, flottent librement, mais qui, à l'état adulte, s'attachent à tous les corps solides plongés dans l'eau de mer et en particulier à la coque des navires.

La présence de ces organismes, auxquels s'accrochent aussi des algues et de petits mollusques, a pour effet d'augmenter la résistance hydrodynamique des bateaux, ce qui oblige de temps à autre à une mise en cale sèche pour les en débarrasser. Cette présence s'est traduite quelquefois par une augmentation de poids de plus de 300 tonnes.

C'est en grande partie faute d'avoir pu se débarrasser de ces organismes que la flotte de l'amiral russe Rodjestvenski fut presque anéantie par la flotte japonaise à la bataille de Tsushima, en arrivant dans le détroit de Corée (mai 1905). On sait qu'elle était partie de Cronstadt, dans la mer Baltique (octobre 1904), pour un long périple qui lui avait fait doubler le cap de Bonne-Espérance ; les autres puissances, avait dû, en application des règles d'une stricte neutralité, lui refuser l'accès des formes de radoub des ports où elle faisait escale.

Les Cirripèdes se développent

d'autant plus vite que la salure et la température de l'eau de mer sont plus élevées. Pendant la guerre du Pacifique, les Américains n'eurent pas à souffrir de ces parasites extrêmement dangereux pour la flotte de guerre, car ils avaient construit de nombreux docks flottants pouvant recevoir, même en pleine mer, des navires de plus de 10 000 t : c'étaient de véritables bases navales. De plus, par pulvérisation à chaud ils ont recouvert la coque de leurs navires d'une peinture nouvelle à base de matière plastique, dans laquelle on a incorporé un composé cuivrique qui est toxique pour tous les organismes inférieurs.

Si les espèces de Cirripèdes les plus communes de la zone tempérée sont les balanes (*Balanus eburneus*) et les anatifes (*Lepas fascicularis*), ou pousse-pied, des barnacles originaires des mers australes chaudes, transportées par les navires pendant la guerre, se sont acclimatées non seulement aux eaux plus froides de la Grande-Bretagne, mais encore aux eaux douces. Ces espèces sont bien plus gênantes que les espèces indigènes. En effet, des essais entrepris récemment dans le port de Chichester, par le professeur W.-H. Bishop, ont montré que, pendant l'été, elles arrivent à couvrir cent fois plus de place sur une même surface immergée que les espèces indigènes. Leurs caractères ont été décrits, ce qui permet aux intéressés de les distinguer facilement.

La peinture américaine paraît appelée à rendre les plus grands services pour la protection des coques dans nos régions comme dans les mers chaudes.

V. RUBOR

## NUMÉROS DISPONIBLES

1945 : 337, 338, 339. . . . .	à 20	» l'exemplaire.
1946 : 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348 . . .	à 20	» —
349, 350, 351. . . . .	à 30	» —
1947 : 352, 353, 354, 355, 356. . . . .	à 28	50 —
357, 358, 359, 360. . . . .	à 30	» —
Numéros hors série « Aviation 1946 ». . . . .	à 120	» —

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

Adresser le montant de toutes les commandes au

C. C. Postal 9107 Paris.

## VUES MODERNES SUR LA PHOTO D'AMATEURS CHRONIQUE GRENIER

Vous ferez de l'agrandissement, car c'est une source de grandes, de très grandes joies, et nous allons vous y aider.

1<sup>o</sup> *Appareils d'agrandissement.* — Notre expérience nous permet de vous dire : choisissez :

a. Format 6 × 9, CHAX : 6 200 fr. à 8 500 fr.

b. Format 6 × 6, CHAX et LYNXA : 6 400 à 9 700 fr.

c. Format 24 × 36 et 3 × 4. LYNXA-film et CHAX : 6 000 fr. à 8 700 fr.

d. Format 6 × 9 et 24 × 36, 2 objectifs : 10 350 fr.

Ces appareils sont équipés avec différentes optiques ; les objectifs Kynor Roussel ou Angénieux sont très bons. Choisissez ainsi votre objectif.

Pour le 6 × 9, 105 à 115 mm, 1 : 4,5 ;  
6 × 6, 75 mm, 1 : 3,5 ;  
24 × 36, 50 mm, 1 : 3,5 ou 2,9.

2<sup>o</sup> Une photo est bien présentée si, autour de l'image, la marge est régulière ; vous obtiendrez ce résultat facilement avec :

Un margeur réglable jusqu'à 13 × 18 (très bon article) : 1 700 fr.

Des cisailles : coupe droite, long. 16 mm : 450 fr. ; 31 cm : 1 700 fr. ; déchiquteuse, long. 16 cm : 510 fr.

Vos curiosités techniques seront satisfaites et vous aurez la joie de voir apparaître progressivement l'image agrandie dont vous avez su déterminer les trois éléments de succès : le temps de pose, la netteté, la valeur des contrastes. Votre sens esthétique sera mis à l'épreuve, car bien mettre en page, faire venir les détails dans les parties sombres ou tenir sous l'ombre de sa main le nuage qui soulignera un beau soleil couchant, est une joie incomparable.

Demandez-nous notices détaillées.

Pour faciliter votre travail, nous avons tous les révélateurs prêts à l'emploi et quelques produits séparés ; dites-nous ce que vous envisagez faire, nous vous servirons très bien. Nous vous dépannerons en papier photographique ; si vous êtes en difficulté, envoyez-nous un type des négatifs à agrandir, nous vous enverrons le papier qui vous permettra d'en tirer un maximum. Nous avons des papiers de marque en boîte de 100 feuilles. Aperçu des prix :

	Papier mince brillant dur ou normal	Carton chamois 1/2 brillant dur ou normal
	A partir de :	A partir de :
C. P. ....	220 »	300 »
13 × 18.	365 »	410 »
18 × 24.	660 »	750 »

Une fois l'image bien traitée n'oubliez pas le développement

ou poussé, le fixage de dix minutes et un lavage de vingt minutes à l'eau courante), il est intéressant de pouvoir obtenir en cinq minutes une épreuve parfaitement sèche, bien plate et impeccablement glacée (si vous avez employé du papier brillant et pris la précaution de placer l'image bien mouillée contre la partie chromée de la plaque) en utilisant la sècheuse-glacuse électrique 110 volts, format 20 × 25, livrée avec plaque et un rouleau essoreur : 1 750 fr.

*Articles disponibles.* — Réchauffeur de bain (indispensable) : 450 fr.

Cuvettes matière moulée, 6 × 9 : 60 fr. ; 9 × 12 : 63 fr. ; 13 × 18 : 75 fr. ; 18 × 24 : 200 fr. ; 24 × 30 : 300 fr. ; 30 × 40 : 600 fr.

Pèse-produits, force 250 gr : 275 fr.

Photomètre-télémetre Optonet, distances exactes de 0,30 m à 5 m et temps de pose automat. déterminés : 1 860 fr.

Lentilles Prommor pour la photo au-dessous de 1 m : 354 à 607 fr.

Album Tek, classement rapide et pratique des épreuves 6 × 9 et 7 × 11 (230 épreuves) : 630 fr.

Porte parasoleil « Fixosac » Sommor, accessoire pratique : 110 fr.

FOCA 11 bis, objectif Oplar : 31 200 fr.

Demandez nos tarifs travaux photo et ciné, et notamment :

Bande témoin positive sur papier (dévelop. et bande) : 140 fr.

Agrandissement d'après films ciné (étonnants).

Reproduction sur négatif, 24 × 36 mm.

Chaque épreuve, prix du tarif petit format (6 × 9) : 11 fr.

Revue petit format n° 2 est parue (très intéressante). 20 fr. remboursables.

Notices et renseignements contre 8 fr. en timbre.

*Conditions de vente.* — Expédition contre remboursement ou pour les colonies règlement par virement postal préalable. Port et emballage au plus juste prix (5 % environ du montant de la commande). Franco de port et d'emballage pour les commandes supérieures à 10 000 fr.

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

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



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

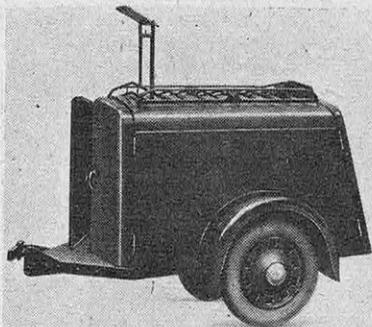
Écrire : C. A. FUCHS, constructeur, THANN (Haut-Rhin).

## LES SPÉCIALITÉS AUTOMOBILES O. L. D.

Le problème du transport a toujours été à l'ordre du jour, et actuellement il est nécessaire d'obtenir plus que jamais la meilleure utilisation des moyens existants. La galerie de toit amovible O. L. D. se fixe instantanément aux carrosseries.



Cette maison construit également des porte-bagages, des malles de toit, porte-vélos, porte-skis arrière, des



remorques-fourgons de 400 et 600 kg et des marchepieds adaptables aux Citroën.

Soucieux d'enjoliver votre voiture, les Etablissements O LECANU-DESCHAMPS ont aussi réalisé un modèle de pare-chocs de luxe, pour toutes les marques, prêts à poser et réglables.

Visitez leur stand au Salon de l'Automobile, galerie A, stand 36 (rez-de-chaussée).

O. LECANU, D, 51, rue Raspail, Levallois (Seine). — Tél. : Per. 01-29.

## VOUS DEVEZ GAGNER BEAUCOUP PLUS

Voulez-vous rester toujours aux environs du minimum vital, ou préférez-vous gagner largement votre vie ? Voulez-vous risquer de perdre tout ce que vous avez, ou préférez-vous mettre toutes les chances dans votre jeu pour atteindre rapidement une confortable aisance ? Voulez-vous économiser sur tout, vous priver de tous les plaisirs, ou préférez-vous dépenser sans compter, grâce aux profits que vous réaliserez rapidement ? En moins d'un an, le Cours Pratique de Vente par correspondance vous permettra d'accéder à des situations des plus lucratives. Demandez le programme M 10, au Cours Pratique de Vente, 222, boulevard Pereire, Paris (XVII<sup>e</sup>). (Joindre 20 francs.)

## T. S. F.

Qualité « LABEL ». Garantie deux ans. Vente directe sans intermédiaire. Au comptant : à partir de 6 990 francs. A crédit : Grands supers à partir de 560 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<sup>e</sup>)

**POURQUOI ALLER  
A L'ÉCOLE...  
PUISQUE L'ÉCOLE PEUT  
ALLER CHEZ VOUS ?**

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



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

**RADIOÉLECTRICITÉ.** — 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 électromécanique 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, superhétérodynes 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.

**AUTOMOBILE.** — Les besoins sans cesse croissants que devra désormais satisfaire cette industrie tant au point de vue transports utilitaires qu'au point de vue tourisme ouvrent à cette branche d'activité des débouchés immenses, certains et rémunérateurs. Inscrivez-vous à nos cours de :

- Électricité automobile moderne.
- Chef de garage et d'ateliers de réparations.
- Cours de dessin industriel.

Notre importante documentation, n° 23, véritable guide d'orientation professionnelle, ainsi que notre liste d'ouvrages techniques vous seront adressées gratuitement et sans engagement sur simple demande à

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

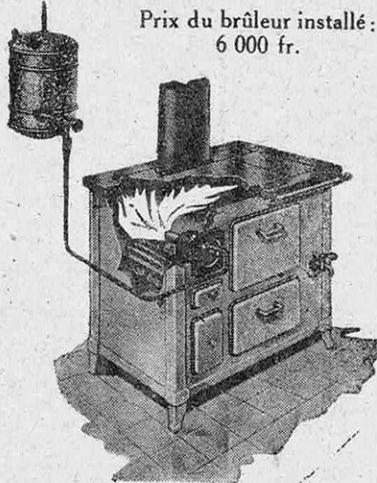
**CHAUFFAGE ASSURÉ  
cet hiver avec votre cuisinière.**

Quelle que soit sa marque, elle peut fonctionner au MAZOUT avec le nouveau brûleur

**FEUFOLLET**  
Brevet n° 768-224.

Consommation horaire moyenne :  
1/2 litre.

Prix du brûleur installé :  
6 000 fr.



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

Encore quelques postes de distributeurs départementaux libres.

**TOUTES LES CARRIÈRES  
DE L'AUTOMOBILE**

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

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

**COURS TECHNIQUES AUTO**  
rue du Docteur-Cordier,  
Saint-Quentin (Aisne).

Renseignements gratuits sur demande.

**20 A 25.000 FRANCS PAR MOIS**

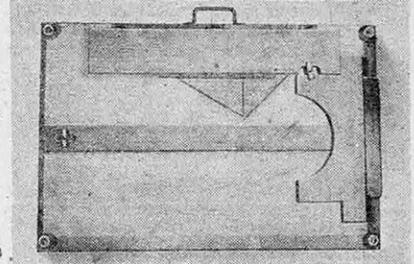


Salaire actuel du Chef-Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'Etat qui vous assurera une situation lucrative. Demandez la brochure gratuite n° 14, « Carrières Comptables, carrières d'avenir », à l'École Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris.

**PLANCHE A DESSIN  
PORTATIVE « Innovation »**

Conçue spécialement pour les élèves des écoles professionnelles, les étudiants, les centres de formation, les relevés d'atelier, de travaux, etc.

**Avantages.** — Poignée portative ; — tous les instruments de dessin fixés à l'arrière de la planche ; — 2 volets articulés permettant l'inclinaison sur la table de travail ; — 4 pieds pour la stabilité.  
Format 0,67 m x 0,45.



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

Prix avec tous accessoires :  
en hêtre (N° 1)..... 975 fr.  
en poirier (N° 2)..... 1 175 fr.  
en poirier (N° 3)  
accessoires celluloid..... 1 350 fr.  
en poirier (N° 4)  
accessoires plexiglas..... 2 100 fr.

Le carton à dessin spécial, laissant dépasser la poignée : 390 fr.

Port et emballage en sus 15 %  
F. DARNAY ET C<sup>ie</sup>, 7, rue  
Coytel, Paris. — C. C. Paris 195-90.

**RÉUSSIR !**

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

Broch. 3.520 : Orthographe, Rédaction.

Broch. 3.521 : Calcul, Mathématiques.

Broch. 3.524 : Electricité.

Broch. 3.525 : Radio.

Broch. 3.530 : Dessin Industriel.

Broch. 3.532 : Carrières industrielles.

Broch. 3.533 : Sténodactylographie.

Broch. 3.534 : Secrétariat.

Broch. 3.535 : Comptabilité.

Broch. 3.537 : C. A. P., Commerce.

Broch. 3.538 : Carrières commerciales.

Broch. 3.541 : B. E. et Baccalauréats.

Baccalauréat technique (2<sup>e</sup> session).

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

## UNE DOCUMENTATION DE TOUT PREMIER ORDRE

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



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

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

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

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

## LA DIFFUSION SCIENTIFIQUE

3, rue de Londres, Paris (9<sup>e</sup>), vous présente :

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

### SPECIALITÉS EN PLEXIGLAS

La règle à calcul système Rietz insensible à l'humidité. Article luxe, gravure impeccable. *Franco* : 1 350 frs.

La règle GED, de conversion des mesures anglo-américaines en mesures métriques. *Franco* : 875 frs.

ANIC MAYO, 64, av. de Neuilly, Neuilly-sur-Seine. C. P. Paris 4621-13.

### SÉCIELEMENT POUR LES MÉCANICIENS AUTO

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

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

Comment ? En utilisant les services

DANS CINQ MOIS  
VOUS SEREZ COMPTABLE

(Traitement : de 10 000 à 25 000 fr.)

4 MOIS suffisent pour faire de vous un



bon *Secrétaire Sténodactylo* (traitement jusqu'à 15 000 fr.) grâce aux célèbres cours par correspondance de l'ECOLE PRATIQUE DE COMMERCE, 31, av. A.-Briand, Lons-le-Saunier (Jura).

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

# PARLER ANGLAIS

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

Rapidement, Facilement,  
par LINGUAPHONE

# OUI

Progrès rapides  
Accent parfait  
Vocabulaire étendu

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

● C'est si facile avec Linguaphone  
Méthode simple, logique et scientifique.

● La Méthode Linguaphone est étonnante  
D'un jour à l'autre vous faites des progrès et vous découvrez rapidement que vous parlez avec un accent impeccable et que vous comprenez tout ce qui se dit autour de vous.

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

LINGUAPHONE ENSEIGNE  
21 LANGUES

disponibles immédiatement

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

# GRATUIT

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

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

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

Nom .....

Adresse .....

(Dépt. B. 22)

**- EN STOCK -**

**LE PLUS GRAND CHOIX D'OUVRAGES  
TECHNIQUES DE TOUTE LA FRANCE**

**Voici quelques nouveautés sélectionnées :**

(Tous les prix indiqués s'entendent baisse comprise.)

**NOUVEAU MANUEL DE L'AUTOMOBILISTE.**  
Traité moderne et complet indispensable à tous les usagers  
Franco..... 250

**LES PANNES D'AUTOMOBILE.** Traité complet de  
dépannage et de mise au point des voitures modernes ainsi  
que des moteurs Diesel et des gazogènes. Franco.... 250

**LE MOTEUR ÉLECTRIQUE MODERNE.** Le plus mo-  
derne et le plus complet des ouvrages sur le moteur électrique.  
Plus de 800 pages. Franco..... 620

**TOUTES LES CHASSES, GIBIERS, ARMES ET  
CHIENS.** Deux volumes abondamment illustrés. Édition  
1947. Ouvrage indispensable au chasseur. Franco..... 420

**QU'EST-CE QUE LA RADIESTHÉSIE ?** Ses origines,  
ses méthodes et ses possibilités d'avenir. Franco..... 160

**MANUEL PRATIQUE DE JIU-JITSU,** par M. FELDEN-  
KRAIS, titulaire de la ceinture noire du Judo. La défense du  
faible contre l'agresseur. Franco..... 230

**MATHÉMATIQUES SIMPLIFIÉES POUR ABOR-  
DER L'ÉTUDE DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE LA RA-  
DIO.** Toutes les notions élémentaires théoriques indispen-  
sables aux débutants. Franco..... 190

**RADIO-FORMULAIRE.** Recueil de symboles, formules,  
normes, tableaux et renseignements divers réunis et commen-  
tés par M. DOURIAU. Une documentation substantielle qui  
aidera étudiants et praticiens à résoudre tous les problèmes  
de radioélectricité. Franco..... 170

**LA RADIO ? MAIS C'EST TRÈS SIMPLE !** Le meilleur  
ouvrage de vulgarisation. Tous les « pourquoi » et « parce que »  
de la Radio. Franco..... 175

**ÉMETTEURS DE PETITE PUISSANCE SUR O. C.**  
Théorie élémentaire et montages pratiques, par Ed. CLI-  
QUET (F8ZD). Circuits oscillants, lampes, montages auto-  
oscillateurs, montages oscillateurs à quartz, étage doubleur de  
fréquence et étage intermédiaire, étage amplificateur H. F.  
de puissance. Franco..... 350

**L'ART DU DÉPANNAGE ET DE LA MISE AU POINT  
DES POSTES DE RADIO.** Le meilleur de tous les ou-  
vrages de dépannage. Franco..... 260

**MÉTHODE PROGRESSIVE ET COMPLÈTE DE  
CULTURE PSYCHIQUE.** Emotivité. Timidité. Assurance.  
Volonté. Mémoire, etc., etc. Franco..... 150

**LA TIMIDITÉ VAINCUE.** Méthode pratique pour acqué-  
rir assurance, fermeté et confiance. Franco..... 100

**MÉTHODE PRATIQUE POUR DÉVELOPPER LA  
MÉMOIRE.** Franco..... 110

**LES MAQUETTES ET LEUR CONSTRUCTION.**  
L'ouvrage le plus complet sur la construction des modèles ré-  
duits : avions, planeurs, micromoteurs, navires, chemin de fer,  
télécommande et autocommande. Franco..... 230

**RÈGLE A CALCUL DE POCHE MARC.** Long. : 140.  
Complète avec étui et mode d'emploi. Franco..... 410

**LE SECRÉTAIRE PRATIQUE.** Traité complet de la cor-  
respondance (lettres de famille, lettres d'affaires, pétitions,  
actes sous seing privé, etc.). Cartonné. Franco..... 180

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES CONTRE MANDAT

**SCIENCES & LOISIRS**

17, av. de la République, PARIS-XIe  
C. C. P. PARIS 3793.13

**JEUNES GENS III**

sans quitter votre emploi actuel

**ASSUREZ VOTRE AVENIR !**

**CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE REMUNÉRATRICE !**

**LA RADIO** manque de spécialistes dans

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

SUIVEZ NOS COURS PAR CORRESPONDANCE

DEMANDEZ NOTRE DOCUMENTATION GRATUITE N° 45. COURS TOUS DEGRÉS. Préparation aux DIPLOMES OFFICIELS PLACEMENT ASSURÉ

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



**JEUNES GENS ! devenez comptables agréés**  
COURS DE TOUTS LES DEGRÉS  
PRÉPARATION AUX DIPLOMES OFFICIELS  
DEMANDEZ notre DOCUMENTATION GRATUITE N° 48

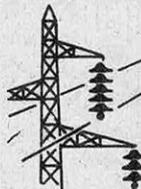
**ÉCOLE PRATIQUE  
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES**

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

**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 en mathématiques. Cette étude ne nécessite que quelques heures de travail par semaine pour devenir un technicien de l'électricité.

Ce cours s'adresse aux Praticiens de l'électricité, aux radio-électriciens, aux mécaniciens, aux vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui, sans aucune étude préalable, désirent connaître réellement l'électricité.

Demandez la documentation en envoyant ou en recopiant le bon ci-dessous, joindre 12 frs en timbres.

**BON  
66 E.**

**COURS  
PRATIQUE  
D'ÉLECTRICITÉ**

222, Boulevard Péreire, Paris-17<sup>e</sup>



Institut  
**PELMAN**  
Fondé en 1890

## NE LAISSEZ PAS ÉCHAPPER CETTE CHANCE NOUVELLE

Après la période de détente des vacances, au moment de la reprise de l'activité normale, chacun s'interroge et envisage l'avenir. C'est le moment le plus favorable pour corriger les erreurs du passé en combattant notamment la timidité, l'indécision, les fautes de jugement; le manque de volonté et de mémoire, etc., etc., qui ont entravé vos efforts.

Pour acquérir les qualités d'intelligence et de caractère qui vous donneront assurance, autorité, idées fructueuses, puissance du travail grâce à quoi vous surclasserez les autres, consultez aujourd'hui même l'INSTITUT PELMAN, dont les leçons et les conseils personnels, fruits de cinquante-six ans d'expérience mondiale, seront pour vous un guide sûr et vous permettront de devenir le chef que vous rêvez d'être.

Demandez la documentation gratuite n° VI-50-H, à l'Institut PELMAN, 176, boulevard Haussmann, Paris.

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



Comme en 1937...

SEULE

L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE fournit GRATUITEMENT à ses élèves le matériel complet pour la construction d'un superhétérodyne moderne avec LAMPES et HAUT-PARLEUR.

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

Les cours TECHNIQUES et PRATIQUES par correspondance sont dirigés par GÉO MOUSSERON.

Demandez les renseignements et documentation GRATUITS à la PREMIÈRE ÉCOLE DE FRANCE

**ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE**  
9, AVENUE DE VILLARS, PARIS (VII<sup>e</sup>)

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

Goncelin (Isère), le 22 Février, 1947.

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

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

*Peiffer*

## ★ Renseignez-vous



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

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

L'École Internationale de Dessin et de Peinture vous offre un magnifique album en couleurs, sans engagement de votre part. Il vous documentera sur nos élèves et les résultats étonnants qu'ils obtiennent. Vous y apprendrez comment il vous est désormais facile d'apprendre à peu de frais, chez vous, en vous amusant, un art passionnant qui fera de vous "quelqu'un" dans l'échelle sociale. Réclamez immédiatement cet album, auquel vous avez droit: inscrivez clairement vos nom et adresse; joignez 20 frs à votre lettre pour frais, et adressez à l'UNE des deux adresses de l'E.I. à votre choix.

**L'ÉCOLE INTERNATIONALE** (Service S.V. 710)

11, av. de Grande-Bretagne  
Principauté de MONACO

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



TRES-VIVANT GAZDAR DE M. R. PEIFFER ENQUÊTE DES PEIFFERS

## Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA -  
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

### En suivant notre cours de JOURNALISME

Si vous aimez le **DESSIN**, le **CROQUIS**  
Suivez notre cours de  
**CARICATURISTE**

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

SITUATIONS D'AVENIR  
INDEPENDANTES ASSURÉES

Documentation gratuite contre 6 francs pour frais d'envoi

### ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet, 8  
TOULOUSE

## Un Laboratoire sur votre Table

C'est ce que nous vous offrons  
avec un enseignement complet sur  
**LA RADIO, LA TÉLÉVISION  
LE CINÉMA, L'ÉLECTRICITÉ**

• Vous qui désirez vous faire une situation,  
confiez votre avenir à des ingénieurs spécialisés.

Certificat de fin d'études  
Préparation aux carrières d'Etat.

Vous n'oublierez jamais ce que  
vous aurez construit de vos mains.  
Tous les travaux pratiques de  
radio et d'électricité avec les  
700 pièces de montage



Demandez aujourd'hui  
contre 10 Francs notre  
album **SV La Radio**  
et ses Applications  
Métiers d'Avenir



## INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE Téhéran, PARIS, 8<sup>e</sup>

# VOICI VOTRE ÉCOLE

## LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

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

N° 33700. **Classes secondaires complètes ;**  
Baccalauréats.

N° 33701. **Classes primaires complètes ;**  
Brevets.

N° 33702. **Enseignement supérieur ;**  
Licence ès Lettres.

N° 33703. **Cours d'orthographe.**

N° 33704. **Cours de rédaction.**

N° 33705. **Formation scientifique** (Math.,  
Physique, Chimie).

N° 33706. **Dessin industriel.**

N° 33707. **Industrie :** Certificats d'aptitude  
professionnelle.

N° 33708. **Radio, certificats de radio de  
bord** (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classes).

N° 33709. **Commerce et comptabilité :**  
Certificats d'aptitude profes-  
sionnelle.

N° 33710. **Dunamis** (Culture mentale).

N° 33711. **Phonopolyglotte** (Anglais, Alle-  
mand, Italien, Espagnol).

N° 33712. **Dessin artistique.**

N° 33713. **Cours d'éloquence.**

N° 33714. **Cours de poésie.**

N° 33715. **Formation musicale.**

N° 33716. **Initiation aux grands pro-  
blèmes philosophiques.**

N° 33717. **Cours de publicité.**

N° 33718. **Carrières des P. T. T. et des  
Travaux publics.**

N° 33719. **Écoles d'infirmières et Assis-  
tantes sociales, Écoles vétéri-  
naires.**

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels

## ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

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



# AVEC VOUS *jusqu'au succès final!*

## RADIO-CINÉMA-AVIATION

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

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

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

**ÉCOLE GÉNÉRALE 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 DE PARIS

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

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

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

Enseignement par correspondance

**MATHÉMATIQUES** Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours. Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

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

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

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

Préparation aux C. A. P. de Dessin, Électricité, Ajustage.

**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, Construction industrielle, Dépannage.

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



*aucun obstacle n'est insurmontable...*

# TANK-400

*Le stylo à grande contenance garanti pour l'existence.*



Le TANK 400 en écrin de luxe avec ses quatre cartouches de recharge remplies d'encre  
BLEU RADIO ou BLEU NOIR  
*Stephens'*  
extra fluide



*Le stylo de l'étudiant...*

Ecrire sans arrêt notes et devoirs, signer, à la plume et à l'encre, voilà ce que permet

## LE TANK-400

dont le corps, formant cartouche interchangeable à niveau d'encre entièrement visible, contient

**400 GOUTTES**

*la capacité de 10 stylos*

Ce stylo moderne et chic, outil de travail sérieux sera votre prochain stylo.

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

### DESCRIPTION

- 1 le **CAPUCHON** avec son clip de sûreté, véritable pièce de mécanique de précision.
- 2 la **CARTOUCHE** interchangeable formant le corps du stylo à niveau d'encre visible.
- 3 la **SECTION PLUME**, qui avec ses perfectionnements, constitue l'âme du stylo le plus moderne.

Autres avantages

Entièrement en PLEXIGLAS, donc INCASSABLE, Clip, joncs et plume en métal doré à l'or fin. INALTERABLES

# E<sup>TS</sup> Pierre BAIGNOL & C<sup>O</sup>

USINES & BUREAUX : 19, rue de SARTORIS

LA GARENNE-COLOMBES (SEINE)