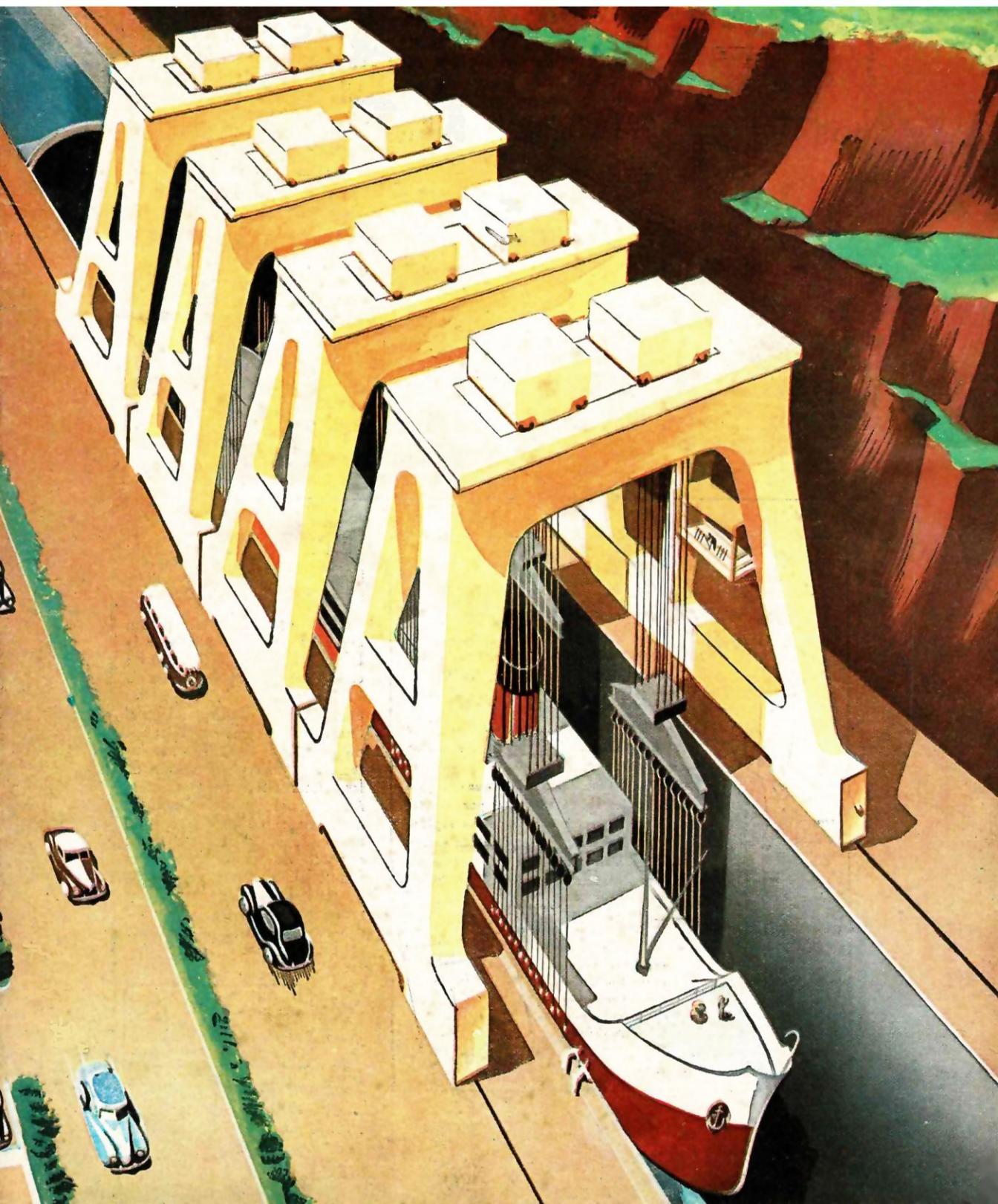


# SCIENCE ET VIE

MARS 1947

N° 354

28 Fr. 50



# Des possibilités illimitées

PUBLICITES BOBINES



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

**Plus de 70%** des candidats reçus aux **examens officiels** sont des élèves de l'E.C.T.S.F.

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



## ÉCOLE CENTRALE DE TSF

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

*Demandez le Guide des Carrières gratuit*

### "UN CRAYON, DU PAPIER..."



sont mes meilleurs compagnons depuis que j'apprends **LE DESSIN**"

écrivent à Marc Saurel de nombreux élèves. Vous embellirez, vous aussi, votre existence en apprenant à dessiner, facilement, chez vous.

**PAR CORRESPONDANCE.**

● "Le Dessin Facile", inventé par Marc Saurel qui a su conquérir et garder depuis 35 ans l'estime et la confiance de milliers d'élèves, ne vous demandera que quelques heures par semaine. Guidé par un tel maître, vous serez surpris de vos rapides progrès. Du reste, demandez à un ancien élève de Marc Saurel ce qu'il pense de son enseignement.

UN DE CES COURS VUS INTÉRESSE ?

- LE DESSIN FACILE
  - LA PEINTURE FACILE
  - LE DESSIN DE "MODE"
  - LE DESSIN D'ILLUSTRATION
  - LE DESSIN DE PUBLICITÉ
  - LE DESSIN ANIMÉ
  - LE DESSIN DE LETTRES
  - LE DESSIN INDUSTRIEL
- et un cours pour enfants de 6 à 12 ans
- "JE DESSINE"

**BON**

★ Découpez et envoyez-nous ce bon avec 12 frs en timbres. Vous recevrez cette brochure illustrée SV 94 qui sera pour vous une véritable initiation à l'art du dessin.



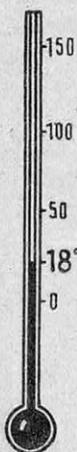
**LE DESSIN FACILE**  
11, RUE KEPPLER, PARIS-16°

### LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

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

Demandez la Notice-programme SV 96 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16° (Joindre 12 frs en timbres)

CH. LEMONNIER 151



**VOUS** adopterez le chauffage à l'électricité, car c'est le plus sain, le plus souple et le plus économique.

Vous choisirez les radiateurs **NORDIA** - brevetés - pour leur technique rationnelle, leur rendement élevé et leur garantie de trois années.

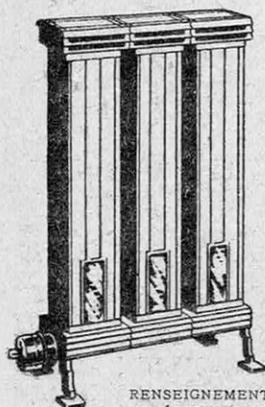
**LES RADIATEURS A ACCUMULATION**

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



**LES RADIATEURS A CHAUFFAGE DIRECT**

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



RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE  
EXPÉDITIONS RAPIDES DANS TOUTE LA FRANCE

A partir d'un compteur de 10 ampères

**NORDIA**

ATELIER 30

4, Cité Griset. PARIS - XI<sup>e</sup>

OBERKAMPF 10-27



LA MINE "TIENT" COMME AVEC UN CRAYON

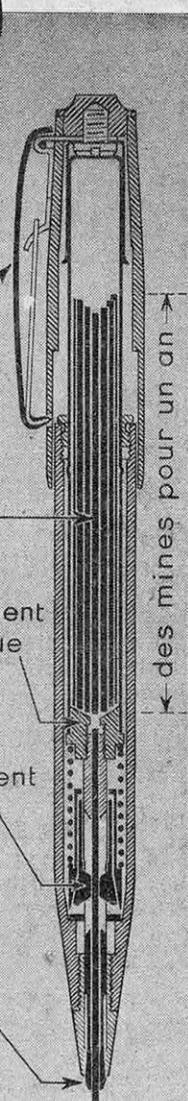
● Agrafe anti-vol

● grande réserve de mines

● fonctionnement automatique

● pince d'avancement de la mine

● pince de blocage de la mine



**E** prouvez la réelle supériorité technique du 202

Breveté par les Établissements

**STYLOMINE**

## Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

la plus importante du monde

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

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

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

**BROCHURE L. 19.560.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

**BROCHURE L. 19.561.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 19.562.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**BROCHURE L. 19.563.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 19.564.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

**BROCHURE L. 19.565.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 19.566.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

**BROCHURE L. 19.567.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HÔTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 19.568.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 19.569.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

**BROCHURE L. 19.570.** — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

**BROCHURE L. 19.571.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

**BROCHURE L. 19.572.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

**BROCHURE L. 19.573.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariat, Bibliothèque, etc...).

**BROCHURE L. 19.574.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**BROCHURE L. 19.575.** — ARTS DU Dessin : Professorats, Métiers d'art, etc...

**BROCHURE L. 19.576.** — COUTURE, la COUPE, MODE, LINGERIE, etc...

**BROCHURE L. 19.577.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

**BROCHURE L. 19.578.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

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

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

59, boulevard Exelmans, PARIS

ou : chemin de Fabron, NICE

# Écriraid

11

LARGEURS  
DE PLUMES

pour  
CADRES  
FILETS  
TITRES  
DESSINS

APPRÉCIEZ

la plume  
TRÉRAID  
en réclamant  
spécimen

à

SERGEANT-MAJOR

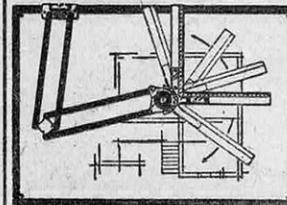
42, r. d'Enghien, Paris

Joindre 6 francs en timbres  
pour frais

Spécifier : moy. gros,  
ou très gros



## Gilbert & Blanzzy Pour



### LE DESSIGRAPHE

appareil d'études  
pour le dessin  
à l'usage des  
dessinateurs,  
architectes,

ingénieurs, étudiants, etc...

### LE DESSINEUR (Chambre claire simplifiée)

appareil permettant  
de copier,  
d'agrandir, réduire  
d'après nature ou  
d'après documents.



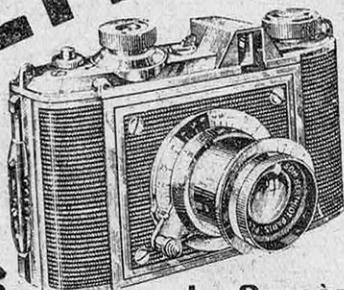
★  
— COMPAS —  
Règles à calculs  
et tous instruments pour le dessin.

## Maison BERVILLE

18, rue Lafayette, 18 - PARIS-9<sup>e</sup>

Demander catalogue N°

# LYNX



### Le Succès

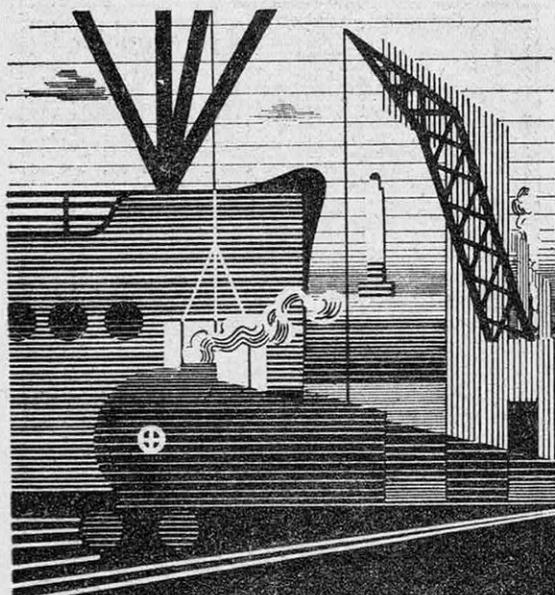
est certain, grâce au Lynx, le plus simple, le plus précis des appareils 3x4.

Corps métallique rigide ;  
Objectif ultra-lumineux  
"Flor Berthiot F/3,5 ou F/2,8 ;  
Obturbateur focal à 1/500"

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

## PHOTO-RAYLU

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



### BONS DE LA LIBÉRATION

à intérêt progressif

TROY

PUBL. J. BÉJANNIN.

Les 3 raisons  
qui font la supériorité  
d'inkwell :

Étanchéité  
absolue  
par bague  
brevetée

Grande capacité  
3 cm<sup>3</sup>  
due au remplissage  
par piston  
axial

Propreté  
filetage dégagé  
supprimant le  
contact des doigts



# inkwell

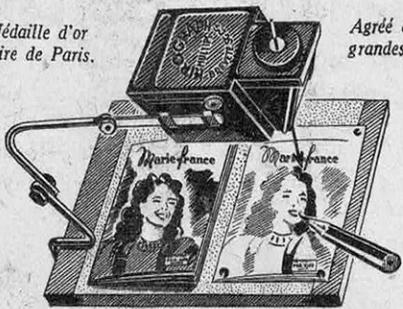
## SOCIÉTÉ INKWEILL

SIÈGE SOCIAL A BRIVE CORRÈZE

BUREAUX A PARIS 10 RUE DES PYRAMIDES

**Pour dessiner**  
sans avoir appris  
**UN APPAREIL SCIENTIFIQUE**  
Le « **MIROGRAPH** »

Médaille d'or  
Foire de Paris.



Agréé dans les  
grandes Ecoles

Tout ce que l'œil voit : dessin, photo, croquis, plan, gravure, paysage, etc..., peut être reproduit de façon parfaite au moyen de l'appareil, grandeur nature, réduction ou agrandissement.

**PRIX DE VENTE : 250 frs**

Le « MIROGRAPH » peut être aussi bien utilisé par un enfant que par un professionnel.

**DIFFUSION ARTISANALE :**  
7<sup>bis</sup>, cour des Petites-Ecuries, PARIS (10<sup>e</sup>).

Envoi par retour contre mandat de **272 frs**  
Contre remboursement. . . . . **287 frs**

**SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DU DOUBS**  
100, rue LAFAYETTE PARIS 10<sup>e</sup>

**SH** PRESENTE

**WATERPROOF STAINLESS**



HERMETIQUE  
ÉTANCHE À VIS  
BRACELET EN CUIR  
Sous Garantie  
Absolue

CATALOGUE SUR DEMANDE

*Enfin!*  
*technique & élégance*

**Superbloc 1000**

CAPOTÉ. Bakélite supérieure. Plume extra souple. Garniture dorée. Remplissage système Parker. Grande capacité d'encre. Réservoir véritable LATEX. Pour hommes et dames, livré en écrin.

Diffusé au prix sensationnel de **195 fr.**  
Baisse générale de 5%, soit : **185 fr.**

**Superbloc 5000**

CAPOTÉ. Réalisation luxueuse. Ligne aérodynamique. PLEXIGLASS. Plume pointe irridium. Article ultra-moderne pour l'homme élégant. Livré en écrin.

Diffusé au prix exceptionnel de **480 fr.**  
Baisse générale de 5%, soit : **450 fr.**  
QUALITÉ française, technique américaine. Quantité limitée. Envoi C. R. toutes taxes et frais compris, au C. C. P. Paris 4842.54.

**POURQUOI HÉSITER** puisque vous serez **REMBOURSE** si vous nous le retournez sous 8 jours pour quelque raison que ce soit ?  
VOTRE VISITE SERA LA BIENVENUE

**LES DIFFUSIONS**  
**CIERPA**

67 RUE ROCHECHOUART PARIS 9<sup>e</sup> VE

*Le Cordon Élastique*  
*de Téléphone*

**ELASTOPHONE**

**BREVETÉ**  
**300%**  
**Extensible**  
est tellement pratique !

un câble  
et  
c'est tout

Toute  
correspondance  
**ELASTOPHONE**  
12 rue Y. Simon  
**SAINT-ETIENNE**  
TÉL: 39-48  
Tous renseignements  
sur demande

**300% d'élasticité**

Cables pour tous appareils

## QUALITÉ D'AVANT GUERRE



**SPLENDIDES APPAREILS  
FRIGORIFIQUES  
ÉLECTRIQUES  
AUTOMATIQUES**

Pour besoins domestiques :  
170 et 180 LITRES  
Pour pensions de famille,  
restaurants, cantines :  
450 et 500 LITRES  
Pour tous commerces  
1 M<sup>3</sup> 200 et 2 M<sup>3</sup>  
Tous renseignements franco

**GLACIÈRES A GLACE**

# le Froid National

BUREAUX :

**1, RUE DE STOCKHOLM, 1  
PARIS (Métro Gare St-Lazare) LAB. 31-08**

## 5 GAMMES



**3 BANDES O. C. ÉTALÉES  
ÉMETTEURS AMÉRICAINS  
Plus de 200 stations reçues  
PRÉSENTATION INÉDITE  
TECHNIQUE NOUVELLE  
GARANTIE TOTALE**

3 MODÈLES 5 lampes portatif  
5 GAMMES 6 lampes multiples  
altern. et tous courants

Demandez documentation illustrée - Joindre timbre

## RADIO-SEBASTOPOL 100 B<sup>d</sup> SEBASTOPOL PARIS

FOURNISSEUR OFFICIEL  
DES PTT. PREFECTURE. INCF. 6<sup>me</sup> ADMINISTRATION

## Vous pouvez gagner de l'argent par le **DESSIN**

Le dessin n'offre pas seulement des joies personnelles : il peut, si vous vous spécialisez, vous rapporter des gains intéressants. Les bons dessins sont rares, recherchés et bien payés. Un bon dessinateur ne chôme jamais.

Vous pouvez vous créer une situation indépendante et lucrative, aussi bien en province qu'à Paris, en suivant les cours par correspondance de l'École A.B.C. En plus de l'enseignement général du dessin, l'École A. B. C. met à la disposition de ses élèves, et sans supplément de prix, les cours suivants :

- Dessin publicitaire
- Dessin de mode
- Illustration
- Portrait
- Dessin humoristique
- Décoration
- Paysage



Bois gravé  
d'un de nos  
élèves devenu  
professionnel

**DEMANDEZ LA NOUVELLE BROCHURE**

Un magnifique album illustré vous est offert gratuitement pour vous documenter sur l'École A. B. C. et ses cours de spécialisation.

Demandez-le sans tarder. En écrivant, dites-nous si vous avez déjà dessiné et quelle spécialité vous attire. (Joindre 9 francs pour frais d'envoi.)

Il existe aussi un cours par correspondance, spécial pour enfants de 8 à 13 ans. Demandez l'album « Enfants ».

## ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

(Studio A. 80)

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



Charmante scène, pleine de vie et de vérité, croquée sur le vif par un de nos bons élèves.



*Un poste de radio gratuit*

Comme avant la guerre...

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

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

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

*Documentation gratuite affranchie philatéliquement sur demande :*

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



*Une Situation  
d'avenir en  
étudiant chez soi*

**DESSIN INDUSTRIEL RADIO**

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

Préparation aux diplômes de :  
**DESSINATEUR CALQUEUR**  
**DESSINATEUR DÉTAILLANT**  
**DESSINATEUR PROJETEUR**  
C. A. P.

**BACCALAURÉATS Techniques**  
des carrières sédui-  
santes et bien rémunérées

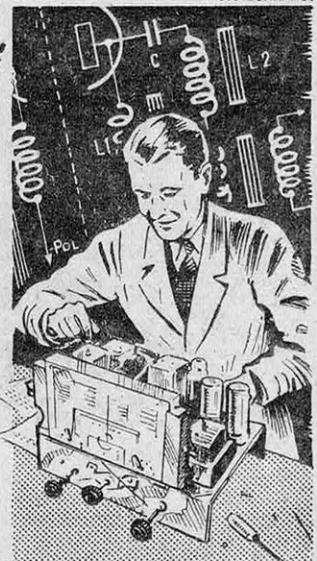
Nos services d'Orientation Professionnelle et de  
placement sont à la disposition  
de nos élèves

**DOCUMENTATION GRATUITE**  
SPÉCIFIER LA BRANCHE CHOISIE!

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

Préparation aux diplômes de :  
**MONTEUR**  
**CHEF MONTEUR**  
**SOUS-INGÉNIEUR, etc.**

**PRÉPARATION**  
**AUX EXAMENS OFFICIELS**  
...un métier nouveau aux  
perspectives illimitées.



PUBL. BONNANGE

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

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

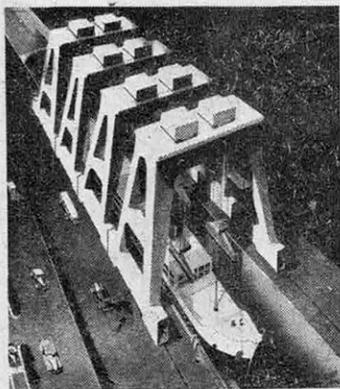
# SCIENCE ET VIE

Tome LXXI - N° 354

Mars 1947

## SOMMAIRE

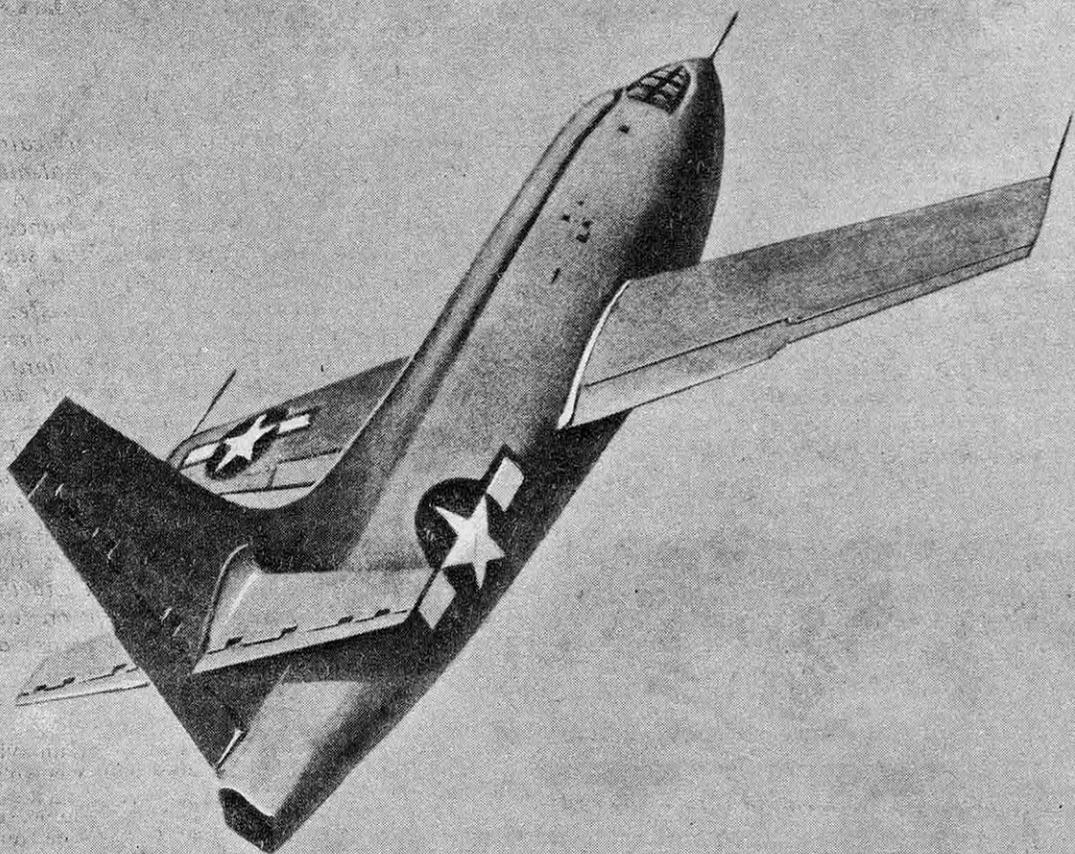
- ★ Avions-fusées supersoniques, par Camille Rougeron ..... 107
- ★ Les grandes orgues et l'électricité, par Jean Castellan .... 115
- ★ Le retentissement biologique de l'émotion, par le  
D<sup>r</sup> Daniel Bargeton..... 127
- ★ La Chine va édifier le plus grand barrage du monde, par  
Jacques Brédat ..... 133
- ★ La pénicilline, par Jean Vercin ..... 137
- ★ L'exploration du ciel en rayons infrarouges, par J. Gauzit .... 147
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor ..... 153



Les ingénieurs américains ont dressé, pour le compte de la Chine, les plans d'un barrage colossal, qui sera de loin le plus grand du monde et qui, fermant les gorges du Yangtsé, provoquera la formation d'un lac artificiel de plus de 400 km de long. Pour permettre à la navigation fluviale de franchir ce barrage, un ouvrage extrêmement audacieux et original a été prévu. Déjà de véritables ascenseurs pour bateaux ont été réalisés depuis longtemps, tant en Europe qu'au Canada. Citons en particulier : en France, celui des Fontinettes, sur le canal de Neuffossé, le premier du genre ; en Allemagne, celui de Niederfinow, sur le canal de Berlin à Stettin. Le premier était capable d'élever de 13 m une péniche de 300 t, le second pouvait recevoir des chalands de 1 000 t et les soulever de 36 m. L'élévateur de bateaux du Yangtsé pourra faire franchir aux navires de 10 000 t une différence de niveau de 225 m ! Il doit comporter une série de portiques roulants munis de treuils, dont les câbles d'acier se fixeront directement à la coque des navires et les soulèveront hors d'un des bassins pour les hisser ou les descendre jusqu'au niveau de l'autre. (Voir l'article page 133 de ce numéro.)

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne.  
Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII<sup>e</sup>). Téléphone : Élysées 26-69 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 », mars mil neuf cent quarante-sept.

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



**BELL X-5-1**

# AVIONS-FUSÉES SUPERSONIQUES

par Camille ROUGERON

**E**n décembre dernier, le Bell XS-1, avion d'études supersoniques de l'armée américaine, a pris l'air pour ses vols d'essais (1). C'est le premier appareil construit spécialement pour dépasser la vitesse du son, très largement s'il réalise les 2 730 km/h prévus. A la différence des plus récents avions de vitesse construits tant en Angleterre qu'en France et qu'aux États-Unis, et qui font appel pour leur propulsion aux turbo-réacteurs ou stato-réacteurs (tous deux utilisent comme comburant l'air ambiant qu'ils compriment, les premiers dans un compresseur entraîné par une turbine, les seconds par le simple effet de la vitesse de l'appareil), le Bell XS-1 est un avion-fusée, apparenté aux chasseurs-fusées allemands et japonais de la fin de la guerre, qui furent les premiers du genre, et brûlant de l'alcool dans de l'oxygène liquide. Délivré de la sujétion de puiser son comburant dans l'air ambiant, le nouvel appareil peut mettre à profit au maximum les avantages du vol aux très hautes altitudes, où la faible densité de l'air favorise les vitesses élevées. Le Bell XS-1 doit réaliser ses meilleures performances à 24 200 m. Mais le secret véritable des grandes vitesses réside dans l'adoption en quantité importante, rapportée au poids total de l'appareil, d'un combustible et d'un comburant à grand pouvoir calorifique, réagissant dans un temps très court dans un moteur-fusée très puissant. Sur ce dernier point, les ingénieurs du Bell XS-1 sont demeurés sensiblement en deçà des possibilités techniques actuelles, de sorte que, malgré les très gros progrès escomptés, la limite des vitesses que l'avion-fusée pourra atteindre dans un avenir récent se situera probablement très au delà encore des performances du nouvel appareil supersonique.

## Le Bell XS-1

**L**e Bell XS-1, le premier avion-fusée de l'armée américaine, présente des caractéristiques assez différentes des trois chasseurs-fusées allemands et japonais qui l'ont précédé dans l'emploi de ce mode de propulsion. Alors que le Messerschmitt Me-163 (2), le Bachem « Natter » (3) et les avions-suicide « Baka » (4) ne surclassaient pas sensiblement en plafond et en vitesse les chasseurs à réaction et restaient nettement en dessous de la vitesse du son, le nouvel avion expérimental américain doit atteindre, selon les calculs, 2 730 km/h à 24 400 m. La différence des performances s'explique par la différence des caractéristiques.

Construit par la Bell Aircraft Inc., avec le concours des services de l'Armée et du National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), le Bell XS-1 a fait ses premiers essais en vol plané à la fin de 1946, et son premier vol au moteur le 10 décembre. Il était remorqué pour ces essais par un Boeing B-29 « Superfortress ».

La cellule du Bell XS-1 ne diffère pas radica-

lement des constructions usuelles. C'est un avion entièrement métallique, à ailes minces et volets d'atterrissage.

Le fuselage se signale par son volume, qui tient à ce qu'il emporte une très grande quantité d'un combustible relativement léger ; il loge en effet 3 709 kg d'alcool et d'oxygène liquide, soit sensiblement deux fois le poids à vide de l'appareil.

Deux autres particularités sont nettement en liaison avec le régime supersonique.

C'est d'abord la forme en pointe de l'avant du fuselage, qui rappelle à cet égard celle des bombes allemandes V-2 (1) ou des projectiles d'artillerie ; la forme habituelle avec avant arrondi et arrière pointu ne convient en effet qu'en régime subsonique.

Enfin, le train tricycle rentrant est escamotable en totalité dans le fuselage ; la disposition habituelle où les roues principales se logent dans l'aile était ici inapplicable en raison de la faible surface de voilure, et du profil mince, d'épaisseur relative ne dépassant pas 10 %, choisi pour sa traînée moindre. L'escamotage des roues principales dans le fuselage n'est d'ailleurs pas une nouveauté ; il a été appliqué notamment sur plusieurs appareils de l'aviation embarquée américaine.

La résistance mécanique de la voilure est exceptionnelle. Le Bell XS-1 est en effet établi au coefficient 18, c'est-à-dire qu'il doit résister, à l'essai statique, à une charge égale à dix-huit fois son poids. Ce chiffre n'a été atteint sur

(1) D'autres avions supersoniques sont en cours de réalisation aux États-Unis. Tels sont le Douglas XS-3, qui doit atteindre 2 400 km/h à 60 000 m, et le Northrop XS-4.

(2) Voir : « Les avions à réaction » (*Science et Vie*, n° 336, septembre 1945, p. 103).

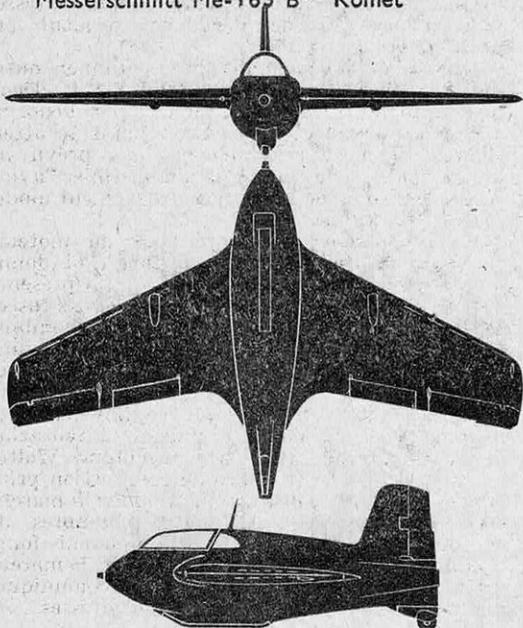
(3) Voir : « Le chasseur à réaction Vipère » (*Science et Vie*, n° 344, mai 1946, p. 237).

(4) Voir : « La bombe atomique et l'avenir des flottes de guerre » (*Science et Vie*, n° 337, octobre 1945, p. 157).

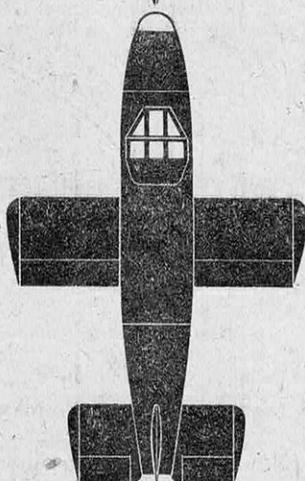
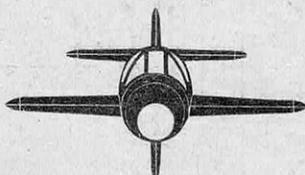
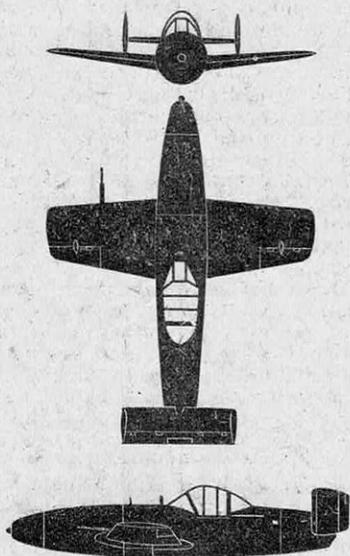
(1) Voir : « Les bombes à réaction, V-1 et V-2 » (*Science et Vie*, n° 332, mai 1945).

## SILHOUETTES COMPARÉES D'AVIONS-FUSÉES

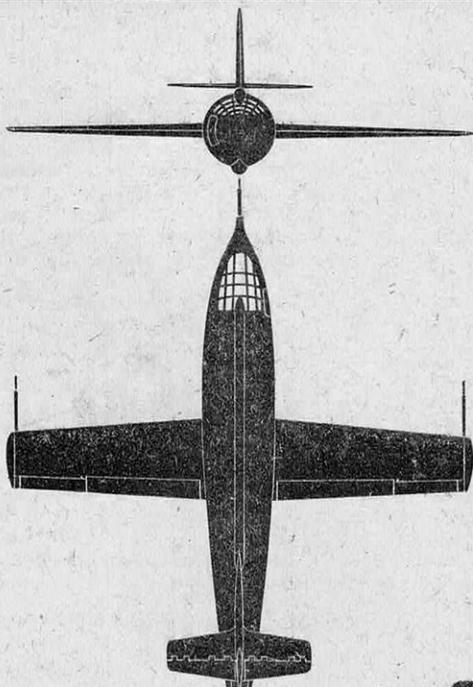
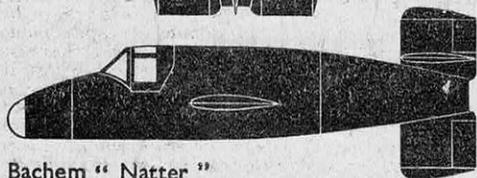
Messerschmitt Me-163 B " Komet "



Baka



Bachem " Natter "



Bell XS-1



aucun autre avion militaire ou civil. Il ne s'explique pas par des exigences de vol et, notamment, de « ressources » sous grande accélération; le programme ne prévoit pas de manœuvres à plus de 8 g. Mais le franchissement en sécurité du domaine transsonique impose à la voilure une résistance mécanique surabondante pour le vol subsonique et supersonique, ainsi que l'accident du De Havilland « Swallow » le confirmait encore l'an dernier. Comme l'aile est mince, et sa surface réduite, ce qui ne permet pas de donner aux longerons une grande hauteur, il a fallu recourir à un revêtement travaillant très épais. Les tôles en alliages légers qui le constituent ont 13 mm à la racine et 3 mm à l'extrémité, chiffre à mettre en regard d'une envergure de 8,53 m.

Le Bell XS-1 bat certainement le record des charges alaires avec 490 kg au mètre carré de surface de voilure. On mesurera le progrès depuis le début de la guerre, où des chasseurs comme le « Spitfire » n'étaient encore chargés qu'à 125 kg/m<sup>2</sup>, pendant que les « Double Zéro » japonais atteignaient tout juste les 100 kg/m<sup>2</sup>. C'est l'élevation de cette charge alaire qui explique certainement la forme habituelle de l'aile, avec son allongement normal de 6 et ses volets d'atterrissage. Ni les ailes en flèche, à traînée moindre, telles qu'elles ont été utilisées sur le Messerschmitt Me-163, ni les ailes à très faible allongement des « Baka » et surtout des « Natter », qui présentent également certains avantages aux grandes vitesses, n'auraient convenu pour une charge alaire aussi

élevée. Leur portance maximum est faible et elles se prêtent en outre très mal à l'action des dispositifs hypersustentateurs; leurs vitesses d'atterrissage et de décollage auraient été prohibitives.

On ne doit cependant pas s'étonner outre mesure de la charge alaire du Bell XS-1. Le décollage à pleine charge est facilité par l'énorme excès de puissance de la fusée. Quant à l'atterrissage, il n'est certainement pas prévu au même poids; délesté de son combustible, l'avion revient au sol avec la charge relativement modérée de 183 kg/m<sup>2</sup>.

La propulsion est assurée par un moteur-fusée de la Reaction Motors Inc., qui donne une poussée maximum de 2 720 kg. Il présente des différences notables avec les moteurs-fusées Walter (1) des avions allemands. Le combustible est l'alcool, le comburant l'oxygène liquide, produits à grande chaleur de réaction, jugés acceptables sur les V-2, mais trop dangereux pour les avions pilotés qui employaient des mélanges de méthanol, d'hydrate d'hydrazine et d'eau oxygénée. Les derniers moteurs Walter comportaient une chambre de combustion principale et une chambre auxiliaire pour la marche en croisière. Avec ses quatre chambres de combustion indépendantes, qui peuvent fonctionner séparément ou simultanément, le moteur de la Reaction Motors doit donner économiquement une gamme très étendue de vitesses.

(1) Voir : « Les fusées à liquides » (Science et Vie, n° 351, décembre 1946).

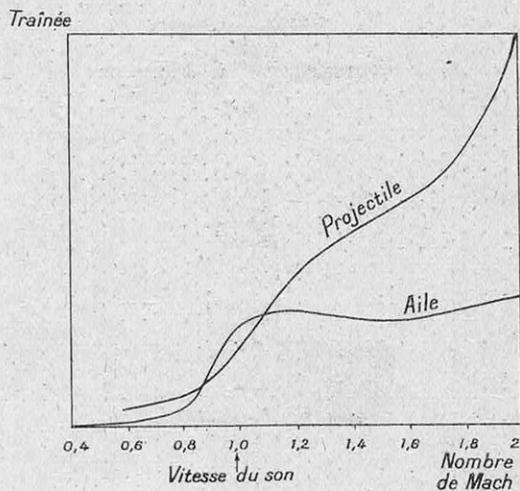
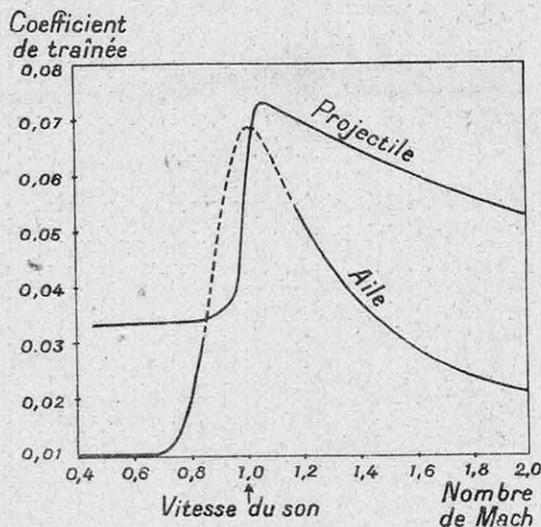


FIG. 2 ET 3. — TRAINÉES D'UN PROJECTILE ET D'UNE AILE DANS LES DOMAINES SUBSONIQUE, TRANSSONIQUE ET SUPERSONIQUE

Les courbes de gauche donnent, d'après une conférence de E. F. Relj devant la Royal Aeronautical Society, les coefficients de traînée moyens comparés d'une aile pour une vitesse variant de 0,4 à deux fois la vitesse du son. La partie en pointillé pour l'aile correspond au domaine transsonique, pour lequel les données précises manquent encore. On note, surtout pour l'aile, la baisse considérable du coefficient aux nombres de Mach élevés. Les résultats sont d'ailleurs très variables suivant les formes de projectiles et les profils d'aile. Pour obtenir les traînées, il faut multiplier les coefficients par la densité de l'air, la section ou la surface et le carré de la vitesse. La décroissance du coefficient de traînée au delà de la vitesse du son ne signifie donc pas la diminution de la traînée, ni qu'il soit facile d'atteindre les vitesses supersoniques une fois la « barrière du son » franchie. Il peut cependant y avoir diminution de traînée pour des pointes très accentuées du coefficient de traînée au voisinage de la vitesse du son : c'est le cas de la loi admise par M. Relj pour l'aile comme le montre la courbe de droite qui s'y rapporte. Les courbes de cette dernière figure indiquent seulement l'allure de la variation de traînée. Elles n'ont pas été tracées à la même échelle pour le projectile et pour l'aile.

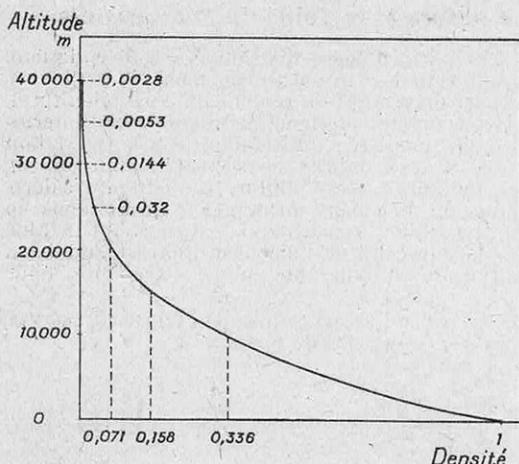


FIG. — 4. DÉCROISSANCE DE LA DENSITÉ DE L'AIR AVEC L'ALTITUDE

*La densité de l'air, qui est réduite des deux tiers dans les premiers 10 000 m, tombe très rapidement ensuite. A 25 000 m, elle est trente fois plus faible qu'au sol, ce qui explique les vitesses considérables des avions-fusées qui pourront atteindre cette altitude.*

Comme sur les V-2, combustible et comburant sont logés en réservoirs légers et mis sous pression par pompage. Un incident a marqué les premiers essais, qui fut le mauvais fonctionnement de la pompe à oxygène liquide. Il est probable qu'un remède pourra lui être apporté facilement puisque les pompes de ce type marchaient d'une manière satisfaisante sur les V-2.

Les caractéristiques du Bell XS-1 sont les suivantes : envergure, 8,53 m ; longueur, 9,45 m ; hauteur, 3,30 m ; surface de voilure, 12,1 m<sup>2</sup> ; poids à vide, 1 980 kg ; poids en charge, 5 928 kg, dont 239 kg de pilote et d'instruments d'essais et 3 709 kg de combustible. Les performances calculées sont une vitesse maximum de 2 730 km/h à l'altitude de 24 400 m, une vitesse ascensionnelle de 13 720 m à la minute, un rayon d'action de 160 km.

Jusqu'à la mise au point de la pompe à oxygène liquide, les essais ont été faits avec un réservoir de comburant sous pression d'azote. Mais la durée de fonctionnement à pleine charge est alors limitée à deux minutes et demie ; les autres performances tombent simultanément, le plafond à 18 300 m, la vitesse maximum à 1 600 km/h, la vitesse ascensionnelle à 8 530 m/mn.

### La vitesse des avions-fusées

La performance la plus sensationnelle du Bell XS-1 est certainement sa vitesse horizontale, comparée à celle des autres avions à réaction ou à fusée. Elle est d'autant plus remarquable qu'elle n'est pas due à un relèvement de puissance ; la poussée de 2 720 kg du moteur de la Reaction Motors se compare tout à fait aux 2 270 kg d'un Rolls-Royce « Nene », ou aux 2 000 kg des moteurs Walter HWK-509 qui étaient montés sur les Me-163 et sur les « Natter ».

Avant d'étudier l'action des facteurs qui expliquent ce gain, il convient de le préciser.

Dans le domaine subsonique, la traînée croît

à peu près comme le carré de la vitesse, et la puissance donc comme le cube. Le « mur de traînée » qui apparaît ensuite bien avant les 1 000 km/h modifie cette loi ; dans une zone de vitesses assez étendue, l'exposant de la puissance lui est d'une unité supérieur. Dès que le domaine transsonique est franchi, soit à 15 ou 20 % au delà de la vitesse du son, traînée et puissance retrouvent la loi de variation antérieure, respectivement suivant le carré et le cube de la vitesse, avec seulement un coefficient de proportionnalité plus élevé. Le « mur de traînée » n'est donc pas un obstacle après lequel tout devient aisé ; la puissance nécessaire pour propulser le Bell XS-1 à 2 730 km/h est encore huit fois plus élevée qu'à la vitesse moitié moindre de 1 365 km/h, qui est déjà nettement supersonique à la température de la stratosphère.

La supériorité du Bell XS-1, qui explique la vitesse atteinte, est le relèvement de plafond. Toutes choses égales d'ailleurs, la traînée est proportionnelle à la densité de l'air, sensiblement sept fois plus faible aux 24 400 m qu'il doit atteindre qu'aux 12 200 m où se tenaient les avions-fusées qui l'ont précédé.

Ainsi, le gain de vitesse du Bell XS-1 est dû avant tout au gain de plafond ; le supplément de puissance réclamé pour le passage de la vitesse des avions-fusées allemands et japonais à celle de l'avion américain est sensiblement compensé par la réduction de densité.

On ne doit d'ailleurs pas oublier la forme sous laquelle se présente la puissance fournie par une fusée, et plus généralement par tout propulseur à réaction. Elle se définit par une poussée, qui est à peu près indépendante de la vitesse dans le cas des turbo-réacteurs, et en est même exactement indépendante dans le cas des fusées. Le travail de cette poussée, donc le rendement, est proportionnel à la vitesse.

Ainsi, compte tenu des trois facteurs, puissance exigée en fonction de la vitesse, réduction de traînée avec l'altitude, augmentation de rendement de la fusée avec la vitesse, on arrive à cette conclusion en apparence paradoxale que le Bell XS-1 a besoin d'un propulseur presque deux fois moins « puissant », si l'on entend par cette expression qu'il consomme deux fois moins à la seconde, pour naviguer à 1 365 km/h à 12 200 m d'altitude, que pour faire les 2 730 km/h à 24 400 m. La valeur des performances de l'appareil étant ainsi précisée, il n'en reste pas moins à expliquer ce double gain, celui qui permet de passer des 1 000 km/h des meilleurs avions à réaction aux 1 320 km/h à même altitude, et celui qui permet de doubler le plafond.

Le premier tient assurément à une étude aérodynamique poussée du planeur dans le domaine transsonique. Mais le rôle principal est joué par la nature du propulseur. Le turbo-réacteur est un moteur relativement léger pour sa poussée, mais sa traînée lui interdira probablement pendant longtemps de franchir la vitesse du son. D'autre part, la puissance qu'il fournit décroît sensiblement comme la densité de l'air, tandis que celle de la fusée en est indépendante. Entre un Rolls-Royce « Nene » et le moteur-fusée de la Reaction Motors, la différence de poussée n'est guère sensible, mais le premier est très inférieur au second quant à sa traînée propre et à l'altitude où il débite sa puissance.

En passant du turbo-réacteur au statoréac-

teur, on doit s'attendre à un poids de propulseur beaucoup plus faible. Mais la traînée ne sera guère diminuée, si même elle l'est, et le problème du rétablissement en altitude se pose de la même façon.

Il est donc peu vraisemblable que le turbo-réacteur, sous sa forme actuelle, permette de franchir la vitesse du son. Le statoréacteur le fera certainement, surtout si on a recours aux solutions mixtes de statoréacteurs et de fusées. La fusée pure est la seule à pouvoir pénétrer très loin dans le domaine supersonique, et l'on doit remarquer que les vitesses annoncées pour les Me-163, le « Natter » et les « Baka » étaient déjà supérieures de 100 à 200 km/h à celles des chasseurs à réaction contemporains.

### La nature et le poids du combustible

Les performances du Bell XS-1 s'expliquent avant tout par la nature du mélange utilisé et la part élevée qui lui revient dans le poids total.

Nous avons souligné, ici même (1), l'infériorité de puissance qu'il fallait consentir si l'on exigeait les produits de sécurité employés sur les moteurs-fusées Walter. Le pouvoir calorifique de l'élément principal entrant dans le combustible, le méthanol, est nettement plus faible que celui de l'alcool ordinaire ; l'addition d'hydrate d'hydrazine jugée nécessaire pour

(1) : « Les fusées à liquides » (*Science et Vie*, n° 351, décembre 1946, p. 266).

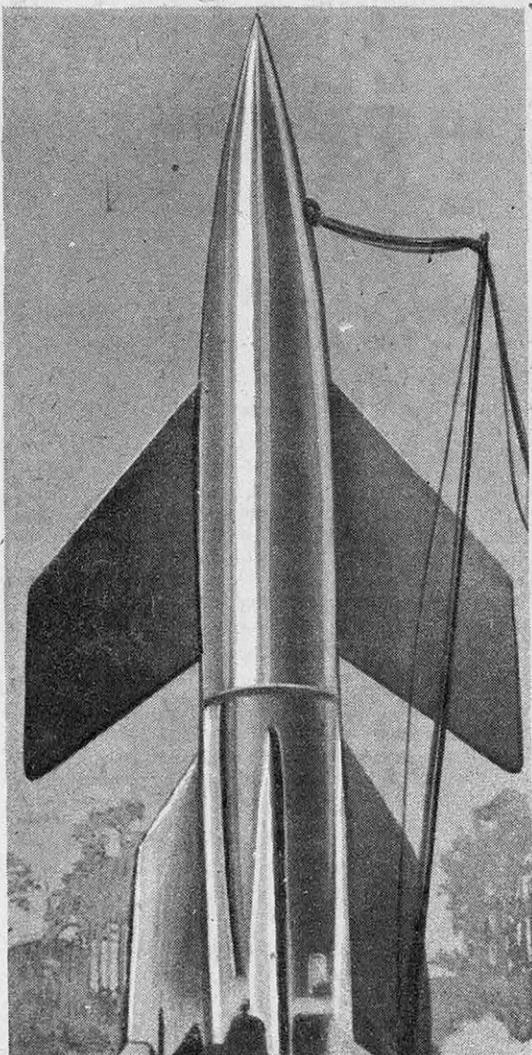
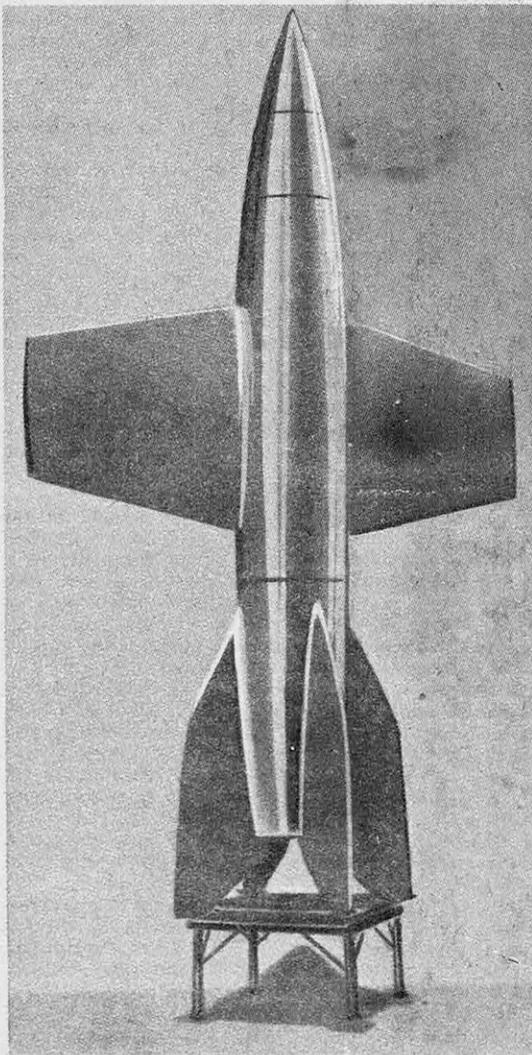


FIG. 5 ET 6. — DEUX AVIONS-FUSÉES : A-9 ALLEMAND ET AL-6 AMÉRICAIN, DÉRIVÉS DE LA V-2 PAR ADDITION D'UNE VOILURE

Ces engins sont longs de 16 m, mesurant 1,80 de diamètre au maître coupe du fuselage et 8 m d'envergure environ ; ils doivent atteindre 1 800 m/s.

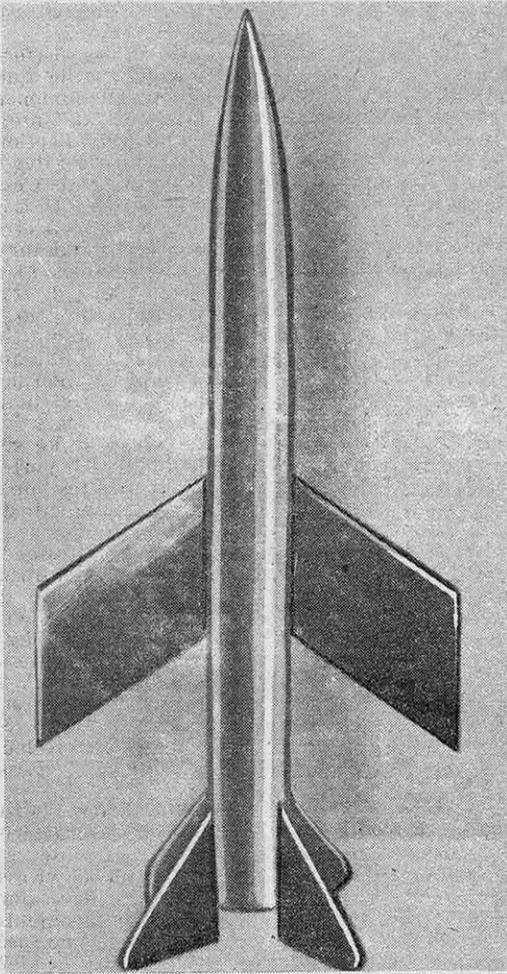


FIG. 7. — LA FUSÉE TÉLÉCOMMANDÉE N. A. C. A. : RM-2  
SERVANT AUX MESURES DE COEFFICIENT DE TRAÎNÉE AUX  
VITESSES SUPERSONIQUES

éviter l'auto-inflammation l'abaisse encore ; en fin, l'eau oxygénée, même à forte teneur, reste loin du rendement de l'oxygène liquide.

Nous croyons que l'alcool et l'oxygène liquide s'imposeront pour toutes les applications où la sécurité n'est pas en cause, donc aussi bien pour les projectiles autopropulsés que pour le lancement des engins genre V-1... L'exemple américain montre même qu'on devra y avoir recours sur les appareils pilotés dès qu'on aura le souci d'un rendement élevé.

Il est bien évident que plus on charge la fusée en poudre ou en produits propulsifs, et plus grande sera la vitesse qu'on peut en attendre. Mais la loi de variation de la vitesse en fonction de la teneur en mélange propulsif n'est pas toujours exactement appréciée, et notamment son relèvement très rapide dès que l'on atteint les proportions élevées telles que celles du Bell XS-1. Le tableau (fig. 8) traduit la loi logarithmique exacte qui lie la vitesse de la fusée à la vitesse d'éjection des gaz et à la teneur en produits explosifs. Mais il est aisé de se rendre

compte de son sens par un raisonnement simple.

Avec un poids de poudre, par exemple, de 10 % du poids total, et à condition qu'il brûle en un temps très court, la fusée partant du repos atteindra une vitesse de 200 à 250 m/s, suivant la proportion de nitroglycérine, la pression à l'intérieur du corps de fusée et à l'échappement, etc. Si le poids de poudre représente 20 % du poids total, la deuxième fraction de 10 % imprime à la fusée un supplément de vitesse supérieur à celui que lui avait imprimé la première, parce que la même force s'applique à une fusée de masse restante moindre. Que la teneur en poudre passe à 50 %, et les dernières fractions de la poudre qui brûleront donneront un gain de vitesse double des premières, car leur force de propulsion se trouvera appliquée à une masse deux fois plus petite qu'au départ. Finalement, comme l'indique le tableau, une fusée qui contient 50 ou 75 % de son poids de poudre atteint une vitesse de 1 375 ou 2 770 m/s, quand la fusée qui éjecte ses gaz à même vitesse que la première, mais ne contient que 10 % de poudre, atteint seulement la vitesse de 200 m/s. La vitesse finale croît donc très rapidement avec la teneur en poudre.

Le rendement de la fusée augmente pareillement. On s'en rend compte soit en l'évaluant directement — il ne dépend que du rapport de la vitesse de l'engin à la vitesse d'éjection des gaz, — soit en observant que la même poussée, qui fait passer en un temps donné la vitesse d'une masse donnée de 0 à 100 m/s par exemple, la fera passer dans le même temps de 1 000 à 1 100 m/s, si l'engin a déjà 1 000 m/s de vitesse au moment où elle commence à agir.

La fusée n'est donc pas, comme on l'a cru longtemps, réservée au domaine des faibles vitesses de projectiles. Elle donne aisément les grandes vitesses, et avec un rendement plus élevé que le canon ; c'est une simple question de teneur de l'engin en produit propulsif.

Si l'on brûle le combustible lentement, et non en un temps très court, ce qui est le cas du Bell XS-1 comme des autres avions-fusées, le bénéfice des très fortes proportions de combustible est moindre. Le raisonnement précédent, où l'on tient compte de la réduction de la masse à laquelle est appliquée une poussée constante, n'est valable que dans la mesure où le mouvement est accéléré ; si l'avion a déjà atteint la vitesse limite où sa traînée est égale à la poussée qu'il reçoit, l'effet de cette poussée est le même, que l'avion pèse près de 6 000 kg comme le Bell XS-1 au départ, ou à peine plus de 2 000 kg, comme le même appareil après consommation de son combustible ; la traînée ne dépend guère, en effet, que des formes et non des poids. Les remarques faites à propos du rendement tombent de même.

En réalité, sur les avions-fusées à plusieurs minutes de durée de fonctionnement, le bénéfice de la très forte teneur en produits propulsifs tient à l'augmentation de la durée de combustion, donc au relèvement de l'altitude atteinte au cours du vol ascendant. Les 3 709 kg de carburant et de combustible à pouvoir énergétique supérieur qu'emporte un Bell XS-1 permettent le maintien de la poussée de 2 720 kg pendant un temps supérieur à celui du moteur Walter HWK-509 du Me-163 et du « Natter ». L'avion américain monte plus longtemps, donc plus haut ; naviguant plus haut, il va plus vite. Tel est le secret de la vitesse du Bell XS-1.

**Le rôle de la puissance**

Il est assez curieux que la puissance du Bell XS-1, rapportée à son poids, soit inférieure à celle du Me-163 et du « Natter ». La poussée de 2 720 kg du premier s'applique en effet à un poids à pleine charge de 5 928 kg, tandis que la poussée de 2 000 kg du moteur HWK-509 correspond à un poids de 4 313 kg sur le Me-163, et de 1 710 kg sur le « Natter ».

Ces puissances ne sont pas très différentes de celles des chasseurs à réaction, et l'on comprend que les vitesses se soient stabilisées à des chiffres assez voisins.

Tant que les chasseurs-fusées utilisaient des combustibles spéciaux pour moteurs Walter, on pouvait admettre qu'il était impossible de faire mieux. Mais, dès qu'on accepte l'alcool et l'oxygène liquide des V-2, on peut se demander pourquoi on n'atteint pas, sur avion-fusée, les mêmes puissances et les mêmes vitesses, à la traînée près de la voilure, que sur les projectiles-fusées.

La difficulté ne porte ni sur le poids, ni sur l'encombrement de l'appareil moteur. Le moteur-fusée de la V-2, dont le calibre n'est pas très supérieur au diamètre du gros fuselage d'un Bell XS-1, lui imprimait une poussée de 27 200 kg, exactement dix fois plus forte que celle du moteur de l'avion américain. Ce moteur ne pesait cependant que 1 014 kg (1) et logeait à l'arrière, rétréci, d'un fuseau de 1,65 m de diamètre maximum. Rien n'empêcherait donc, avec les mêmes produits propulsifs, de loger sur un avion du poids et de la taille du Bell XS-1 un moteur-fusée donnant une poussée quatre fois plus élevée que celui de la Reaction Motors.

(1) Voir dans « Armes nouvelles et bombardement intercontinental » (*Science et Vie*, n° 339, décembre 1945, p. 244) le devis de poids et les caractéristiques des V-2.

RAPPORT charge propulsive poids total	VITESSE ATTEINTE POUR UNE vitesse d'éjection des gaz de	
	2 000 m/s	2 500 m/s
10 %	207 m/s	250 m/s
20 —	442 —	550 —
30 —	714 —	890 —
40 —	1 030 —	1 275 —
50 —	1 333 —	1 740 —
60 —	1 830 —	2 280 —
70 —	2 385 —	2 980 —
80 —	3 220 —	4 020 —
90 —	4 600 —	5 750 —
100 —	Infinité.	Infinité.

FIG. 8. — VITESSE ATTEINTE PAR UNE FUSÉE EN FONCTION DE SA TENEUR EN CHARGE PROPULSIVE

Un rapport élevé de la charge propulsive au poids total est le moyen le plus efficace d'atteindre les grandes vitesses. Le tableau ci-dessus montre que, contrairement à ce qu'on croit quelquefois, la vitesse de la fusée peut dépasser de beaucoup la vitesse d'éjection des gaz, qui ont alors une vitesse absolue dirigée dans le même sens que celle de la fusée. L'effet propulsif, dû à leur vitesse relative par rapport à la fusée, se maintient; bien plus, la fusée étant allégée au maximum dans les derniers instants de fonctionnement, le rapport de la masse de gaz éjectée (dans l'unité de temps) à celle de la fusée est alors maximum, et c'est à ce moment que l'effet propulsif est lui-même maximum.

L'appareil ainsi équipé atteindrait une vitesse double, qui est précisément celle des V-2.

Suivant l'appréciation classique des performances, qui est très probablement celle que retient l'aviation américaine lorsqu'elle annonce pour le Bell XS-1 une vitesse de 2 730 km/h, un plafond de 24 400 m et un rayon d'action de 160 km, il faudra payer ce gain de vitesse par une réduction de rayon d'action. Mais c'est là, croyons-nous, une conception erronée (1). Les performances de l'avion-fusée n'ont pas à être évaluées sous la forme d'une vitesse maximum, d'un rayon d'action, d'un plafond, mais bien sous celle d'une portée et d'un sommet de trajectoire, comme dans le cas d'un projectile. Nous n'en voulons pas d'autre confirmation que la comparaison entre le Bell XS-1 et la V-2, qui emportent sensiblement la même proportion des mêmes combustibles (65 % et 67,5 %) et dont les poussées rapportées au kilogramme de poids au départ sont très différentes, 0,46 kg/kg sur le Bell XS-1 et 2,1 kg/kg sur la V-2. La portée de la V-2 et l'altitude atteinte sont très supérieures au rayon d'action et au plafond du Bell XS-1.

Il n'est donc pas douteux que la vitesse, la portée et l'altitude atteintes par un avion-fusée croissent simultanément avec la puissance de son moteur. Il ne revient pas du tout au même de brûler pendant cinq minutes les 12,5 kg/s de mélange alcool-oxygène qui, à la vitesse d'éjection de 2 135 m/s — c'était celle des V-2, — donneront les 2 730 kg de poussée du moteur de la Reaction Motors, ou de brûler les mêmes 3 709 kg de combustible pendant un temps deux fois plus court; on y gagne aussi bien en vitesse qu'en portée et en altitude.

Le mécanisme par lequel intervient la loi de combustion est d'analyse aisée. La caractéristique essentielle de la propulsion par fusée est l'indépendance entre le supplément de vitesse qu'imprime la combustion d'une quantité donnée de produit et la vitesse à laquelle il s'ajoute. Si, par exemple, on tire à la verticale une fusée de poids assez élevé pour qu'on puisse négliger la résistance de l'air, et que la combustion en un temps très court de la totalité de la poudre lui imprime une vitesse de 600 m/s, elle atteindra une altitude d'environ 18 000 m. Si on fractionne la combustion en deux, en attendant que la vitesse due à la première moitié ait disparu au moment où l'on allume la seconde, on imprimera deux fois de suite une vitesse de 300 m/s, et deux fois de suite l'élévation correspondante de 4 500 m, ce qui ne fait que 9 000 m au total. L'intérêt de la combustion rapide de la totalité de la poudre, c'est que le supplément de vitesse imprimé par la deuxième moitié s'ajoute à la vitesse imprimée par la première moitié, qu'elle soit restée presque entière ou tombée à une valeur faible ou nulle. Or les altitudes des sommets de trajectoire, ou les portées, sont proportionnelles au carré des vitesses, dès qu'on peut négliger la résistance de l'air.

Si l'augmentation de puissance du moteur ne réduisait pas la part du combustible, pour un poids total donné de l'avion-fusée, l'intérêt d'une puissance très élevée par unité de poids de l'appareil serait indiscutable, et il faudrait accepter des combustions plus rapides encore que sur la V-2, où les 67 % de combustible, éjectés à

(1) Voir : « Aviation 1946 » (éd. *Science et Vie*, p. 101).

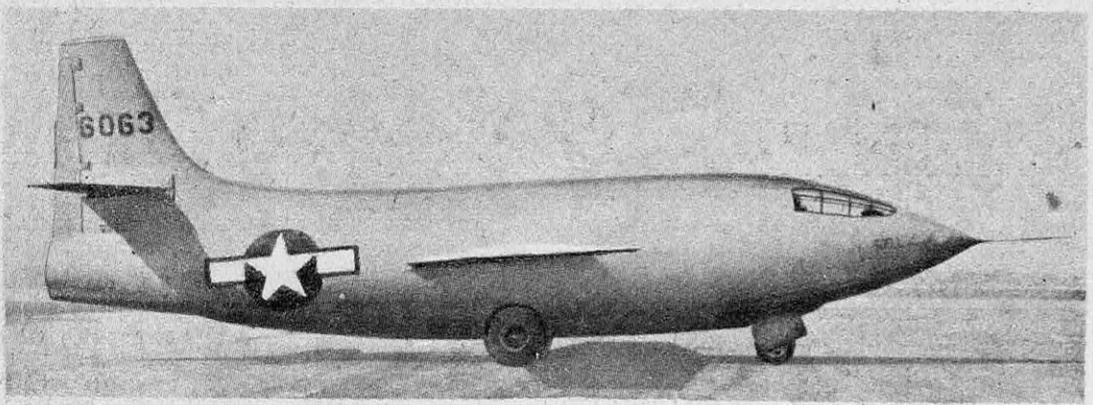


FIG. 9. — VUE DE PROFIL DE L'AVION-FUSÉE SUPERSONIQUE BELL XS-1 DONT ON REMARQUERA LE FUSELAGE MASSIF POINTU A L'AVANT, L'AILE MINCE ET LE TRAIN TRICYCLE ESCAMOTABLE DANS LE FUSELAGE

2 135 m/s, donneraient une vitesse initiale de près de 2 500 m/s et une portée de 600 km s'ils brûlaient instantanément. Mais il ne convient pas de descendre, sur les moyens ou gros avions-fusées, à un rapport de la poussée au poids inférieur à celui de la V-2, où l'appareil moteur ne pèse encore que 7,8 % du poids au départ. On ne pourra d'ailleurs guère dépasser ce rapport sur engin emmenant un pilote, car on sera limité par l'accélération, qui atteint 2,1 *g* au départ et 7 *g* en fin de combustion sur la V-2.

### L'amélioration des performances par remorquage à grande altitude

Les premiers essais du Bell XS-1 ont été exécutés après décollage et remorquage à grande altitude par un Boeing B-29 « Superfortress ». C'est probablement là un mode d'emploi normal pour des appareils à rayon d'action aussi court. L'escorte des bombardiers lourds par des chasseurs à réaction remorqués a déjà été annoncée en Amérique ; si l'escorte doit être un chasseur-fusée, le remorquage est encore plus indispensable, l'appareil venant reprendre son câble et peut-être même se réapprovisionner en combustibles (s'ils ne comportent pas d'oxygène liquide), entre les passes de combat.

Pour l'avion mû par motopropulseur, turbo-propulseur ou turboréacteur, le lâcher après remorquage n'ajouterait pratiquement rien aux performances ; la consommation est assez modérée pour que l'appareil puisse gagner lui-même l'altitude où le conduirait son remorqueur. Pour l'avion-fusée, la question est toute différente, le lâcher à grande altitude économisant une bonne part du précieux combustible dont il emporte tout juste pour quelques minutes de vol. De plus, pour les avions-fusées à très grande puissance vers lesquels on évolue, la montée à 12 000 m aujourd'hui, à 18 000 m demain, derrière un gros appareil à turboréacteur, évite la traversée à grande vitesse des couches les plus denses de l'atmosphère.

Il est un deuxième aspect du problème, qui n'avait pas d'intérêt sur les Me-163 et les « Natter » à des vitesses de l'ordre de 1 000 km/h, mais qui commence à en prendre sur le Bell XS-1. C'est l'addition de la vitesse imprimée par le remorqueur, au moment où le moteur-fusée est mis en marche. Ce supplément de

vitesse gratuit relève l'angle de montée optimum et permet à l'avion-fusée d'accéder plus rapidement aux altitudes où la densité de l'air gêne moins la prise de vitesse. L'effet sera plus accentué encore avec un avion-fusée à très grande puissance, qui prendrait sa vitesse en un temps très court ; le supplément de vitesse qu'il recevrait de l'avion remorqueur lui serait intégralement conservé.

A cet égard, le mode de lancement par l'avion remorqueur n'est pas indifférent. On pourrait croire, en envisageant simplement le gain d'altitude initial, que le largage de la remorque en vol horizontal suffit. Si l'on tient compte de l'addition des vitesses, le largage en piqué s'impose, pour porter à 700 ou 800 km/h, au lieu de 500, la vitesse initiale ; la perte d'altitude, de 1 500 à 2 000 m, est largement compensée par le gain de vitesse. Le piqué doit évidemment être suivi par une ressource ; peu importe qu'elle soit exécutée par l'avion remorqueur avant largage, ou par l'avion remorqué ensuite.

### L'avenir des avions-fusées

Il faut reconnaître aux constructeurs du Bell XS-1, et à l'armée américaine qui a accepté leurs projets, le mérite d'avoir choisi heureusement le combustible et de l'avoir logé à bord en quantité suffisante. La voie était ouverte par la V-2 ; la transposition à l'avion avec pilote n'était pas impossible, puisque la « Luftwaffe » l'envisageait dès 1944 sur des super-V-2 à voilure. Mais nul ne l'avait encore tenté.

Cependant, cette transposition reste incomplète sur un point très important. Rapporté au poids de l'appareil, la poussée du moteur-fusée du Bell XS-1 ne dépasse pas celle des moteurs Walter ; elle est presque cinq fois moindre que sur la V-2. Or c'est précisément sa puissance instantanée insuffisante qui est le point faible de la V-2 ; elle brûle beaucoup trop lentement son mélange d'alcool-oxygène au détriment de sa portée.

Le champ des vitesses supersoniques reste donc largement ouvert et les limitations qui apparaissent dans le domaine de l'avion à réaction n'y jouent point. Dans un avenir récent, les performances d'aujourd'hui nous paraîtront bien faibles auprès de celles qui bouleverseront l'aviation civile comme l'aviation militaire.

Camille ROUGERON

# LES GRANDES ORGUES ET L'ÉLECTRICITÉ

par Jean CASTELLAN

Ancien élève de l'École Polytechnique

Depuis des siècles que trône aux tribunes des cathédrales le grand orgue à tuyaux (1), les foules se sont habituées à la majesté de ses accents, et son remplacement par des instruments quelque peu différents s'est toujours heurté à une réserve très compréhensible de la part des exécutants, des fidèles et du clergé. Cependant, étant donné les lourdes sujétions imposées par l'orgue à tuyaux à l'architecte qui bâtit l'église et sa tribune, à la paroisse qui en supporte les frais, et à l'instrumentiste qui l'utilise, les « organiers » se sont ingénies pendant des années à rechercher un instrument dont le son et les propriétés harmoniques s'identifient avec assez de perfection à ceux des grandes orgues à tuyaux pour que la substitution puisse s'opérer sans que la différence soit sensible à une oreille même avertie. Dans ce domaine comme dans tant d'autres, la technique radioélectrique devait fournir la solution cherchée, mais les instruments conçus sur des principes divers, tels que la photoélectricité, l'induction électromagnétique, etc., étaient encore jusqu'à ces dernières années très éloignés de pouvoir égaler leur ancêtre. C'est seulement avec l'orgue « électronique », fondé sur l'emploi d'oscillateurs à lampes, que l'on est parvenu à reconstituer les sonorités classiques de l'orgue à tuyaux et, en outre à les enrichir de « jeux » originaux et de possibilités nouvelles d'expression et de volubilité. Il importe de souligner que, contrairement à une opinion assez répandue, l'orgue électronique, qui semble devoir être l'orgue de l'avenir, est né en France vers 1930, et que, malgré quelques essais qui ont été tentés à l'étranger, avec beaucoup de publicité et plus ou moins de succès, c'est en France, par des techniciens et des artistes français, qu'un nouvel instrument perfectionné a été mis au point, auquel il semble qu'on ne puisse plus apporter que des modifications de détail. Un grand nombre d'églises possèdent déjà, en effet, des orgues électroniques françaises, en particulier Sainte-Odile à Paris et la basilique du Sacré-Cœur à Cholet, et c'est à des « organiers » français que l'étranger s'adresse dès à présent pour équiper ses églises et ses temples.

« Si le violon est le roi de l'orchestre, l'orgue en doit être le dieu ; car, chaque fois qu'il daigne y mêler ses accents, c'est pour le dominer, le protéger ou le soutenir ; il n'apparaît jamais qu'en maître suprême, toujours planant d'une sereine majesté au-dessus des masses sonores qui semblent dès lors s'effondrer sous ses pieds. »

C'est en ces termes qu'Albert Lavignac, un des plus grands maîtres contemporains d'instrumentation et d'harmonie, définit le grand orgue avant d'en décrire les organes et d'en analyser les ressources.

Il convient donc de traiter cette divinité avec le respect qui lui est dû et de ne pas baptiser du nom d'orgue n'importe quel instrument susceptible de produire des sons plus ou moins grossièrement apparentés à ceux de l'orgue véritable.

(1) Le Talmud décrit un instrument déjà utilisé par les Hébreux qui ressemblait fort à un orgue. Au II<sup>e</sup> siècle, Tertullien donne également une description d'un instrument à grand nombre de tuyaux, paraissant très voisin de l'instrument moderne. Le clavier a dû apparaître vers le VI<sup>e</sup> ou le VII<sup>e</sup> siècle. Dès la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle, l'orgue avait acquis à peu près sa constitution actuelle, mais les spécialistes ne font dater l'orgue moderne que de l'invention de la boîte expressive, construite pour la première fois en 1712.

Voyons quels sont les caractères fondamentaux du grand orgue, caractères que devra posséder tout instrument avant de pouvoir prétendre se mesurer à ce noble ancêtre.

## Les orgues à tuyaux

L'orgue classique est constitué par des centaines de tuyaux groupés par jeux, chaque jeu contenant lui-même, en principe, autant de tuyaux que le clavier comporte de touches.

Rappelons qu'un son musical est caractérisé par trois grandeurs ayant une signification physique : l'intensité (amplitude de la vibration), la hauteur (fréquence de la vibration, variant, pour les fréquences audibles, depuis 16 par seconde pour l'*ut*<sub>2</sub>, donné par un tuyau ouvert de 32 pieds ou 10,80 m, jusqu'à 16 384 pour l'*ut*<sub>9</sub> donné par un tuyau de 1/32 pied, ou 9,25 mm, soit une étendue totale de dix octaves), et le timbre (résultat de la superposition au son fondamental de certains de ses harmoniques). Un son peut être représenté par son spectre harmonique, donnant la répartition de l'intensité sonore entre les différents harmoniques qui y sont présents, de même que le spectre d'une lumière rend compte de l'analyse de cette lumière pour les différentes longueurs d'ondes.

L'orgue, étant un instrument polyphonique

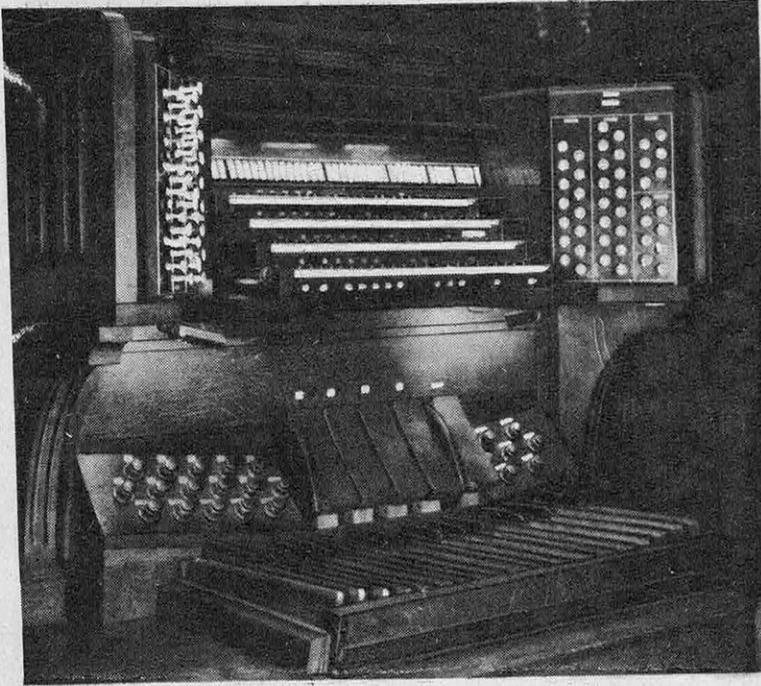


FIG. 1. — CONSOLE D'ORGUE DE L'ÉGLISE AMÉRICAINE DE PARIS.

Cet orgue, construit par Cavaillé-Coll, comporte tous les perfectionnements que permettent les commandes électropneumatiques. On distingue sur cette photographie, dans le fronton, au-dessus des quatre claviers manuels (grand orgue, positif, récit, solo), l'alignement des accouplements des claviers sur eux-mêmes (en 4, 8 et 16 pieds) et entre eux, ainsi qu'un commutateur « forte » servant à appeler la totalité des jeux. Les registres sont placés sur les deux côtés du triptyque. En dessous de chaque clavier manuel, un bouton sert de tirasse (accouplement de ce clavier au pédalier), et cinq autres commandent, pour ce clavier, les combinaisons ajustables à l'avance grâce à un bouton ajusteur unique placé à gauche sous le clavier de grand orgue ; au-dessus du clavier de solo, cinq boutons commandent les combinaisons ajustables pour l'ensemble. Au-dessus du pédalier se trouvent les quatre pédales d'expression et la pédale de crescendo ; en principe, chaque pédale d'expression correspond à un clavier, mais il est possible d'amener chaque clavier sur une pédale quelconque afin de grouper deux ou plusieurs claviers sur une même pédale grâce à un tabulateur spécial placé sur la face gauche du triptyque ; la pédale de crescendo sert à amener les divers jeux de façon progressive sur le clavier de grand orgue. À droite des pédales d'expression se trouvent des commutateurs à pistons répétant les accouplements à l'unisson des claviers entre eux ; à gauche des pédales, cinq commutateurs à pistons commandent les combinaisons ajustables pour le pédalier, cinq autres commandent les combinaisons ajustables d'ensemble, cinq autres servent de tirasses, un autre enfin répète le « forte ».

par excellence, doit pouvoir émettre des sons différemment timbrés, et c'est là le rôle des différents jeux de tuyaux (jusqu'à soixante parfois) qui sont baptisés de noms consacrés par l'usage, évoquant soit leur mode d'emploi le plus fréquent, soit l'instrument d'orchestre de timbre le plus voisin. Chacun des sons étant produit par la vibration de la colonne d'air contenue dans un tuyau, dont la hauteur détermine la fréquence, les timbres sont différenciés d'une part par la forme de la colonne d'air, c'est-à-dire par la forme intérieure du tuyau (et non par la matière dont il est construit) (1), d'autre

(1) Pour des raisons d'économie, dans certains jeux d'orgue, les tuyaux les plus graves sont en bois et les plus aigus en métal, sans que la coupure soit appréciable à l'oreille.

part par le mode d'excitation de la colonne d'air vibrante.

C'est ainsi qu'on distingue parmi les jeux de fond, dont les tuyaux sont excités par un souffle venant se briser contre le bord d'une « lèvre » : les tuyaux ouverts et relativement larges [jeu principal ou montre (1), jeu de contre-basse, de flûte, de diapason, de prestant, de piccolo, de doublette, etc.], les tuyaux ouverts étroits (jeu de salicional, de gambe, de violoncelle, de violon, de voix céleste, d'unda maris, etc.) et les tuyaux bouchés qui, fermés à leur extrémité supérieure, sont deux fois plus courts que les tuyaux ouverts donnant les mêmes fondamentaux, et qui ne peuvent fournir que des harmoniques d'ordre impair (jeu de bourdon, de flûte douce, etc.). Parmi les jeux à anches, excités par le passage de l'air contre des lamelles qui entrent en vibration, très riches en harmoniques, on distingue les anches libres (jeu de basson, de musette, de clarinette, de cor anglais, de hautbois, de voix humaine, d'euphone, etc.) et les anches battantes (jeux de bombarde, de trombone, de tuba, de trompette, de clairon, etc.). Toutefois, la totalité des jeux d'anches est à présent réalisée avec des anches battantes ; l'euphone même, dernier survivant des jeux à anches libres, est aujourd'hui complètement abandonné.

Enfin, certains jeux puissants sont formés par la réunion de jeux élémentaires, identiques ou différents, chaque note étant représentée par plusieurs tuyaux correspondant chacun à son fondamental ou à certains de ses harmoniques. En particulier, parmi les jeux de mutation, les jeux de quinte ou nasard donnent la quinte de la note jouée, les jeux de cornet donnent l'octave de la note, enrichie de sa tierce et de sa quinte, les jeux de fourniture donnent plusieurs harmoniques ; certains jeux de mutation arrivent même à donner à l'oreille l'illusion d'un son fondamental unique qui, en fait, peut n'être donné par aucun tuyau, mais dont plusieurs harmoniques sont donnés.

Les tuyaux d'un même jeu, échelonnés soit chromatiquement (de demi-ton en demi-ton), soit diatoniquement (de ton en ton) et, dans

(1) Ce jeu est ainsi appelé parce que ses tuyaux constituent la partie visible (la montre) du buffet.

ce cas, sur deux rangées, sont disposés par ordre de taille sur une caisse en bois appelée *sommier*, reliée à la soufflerie ou « réservoir » par un porte-vent ou un « gosier », sorte d'accordéon qui suit les mouvements du réservoir. Dans les orgues modernes, la commande d'un jeu se fait par introduction d'air sous pression dans la « laye » du jeu, chaque tuyau étant contrôlé par une « valve » ou « membrane », manœuvrée à partir du clavier par relais pneumatique (machine Barker) ou électropneumatique (machine Barker) ou électropneumatique (1).

La console de l'organiste est formée essentiellement par un ou plusieurs *claviers manuels* et un clavier de pédales ou *pédalier* dont les touches manœuvrent les soupapes des tuyaux correspondant aux notes, et par les *registres* qui servent à « appeler » sur chaque clavier les différents jeux qui lui sont attribués. Les claviers manuels, placés en amphithéâtre, sont au nombre de trois, quatre ou cinq, et reçoivent des dénominations choisies parmi les suivantes (en commençant par le clavier inférieur) : grand orgue (commandant les jeux les plus puissants), positif (correspondant souvent à un buffet isolé en avant des autres), récit, bombarde, solo (commandant les jeux les plus fins), écho (jeux plus sourds et lointains), tandis que le pédalier reçoit surtout des jeux de basse (fig. 1).

Les *accouplements*, contrôlés par dominos, ou

(1) Voir : « Les orgues d'église sont de véritables édifices musicaux » (*Science et Vie*, n° 63, juin 1922).

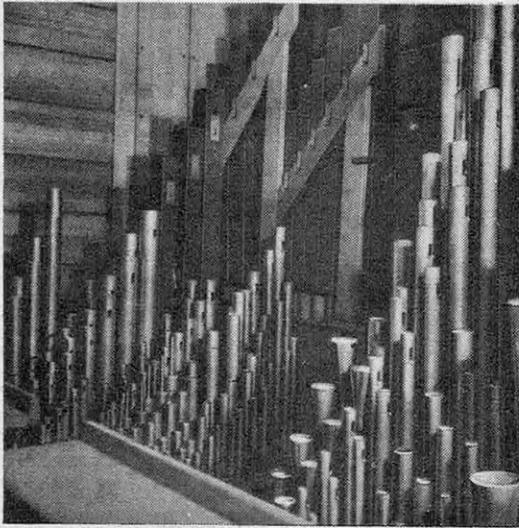


FIG. 2. — JEUX DE TUYAUX D'ORGUE

Cette photographie a été prise à l'intérieur de la boîte expressive des jeux de récit de l'église américaine de Paris ; on voit au premier plan la passerelle qui sert à l'accordeur pour accéder aux divers jeux, et au fond, à droite, derrière les tuyaux de bois, les parois formées de volets qui servent à donner l'expression. On distingue aussi sur la plupart des tuyaux les dispositifs d'accord constitués, pour les tuyaux de bois, par une plaquette coulissante qui sert à masquer plus ou moins une fente verticale ménagée sur une des faces et, pour les tuyaux d'étain, par une ouverture dont le bord inférieur est roulé plus ou moins haut. Les tuyaux sont ici rangés diatoniquement sur les *sommiers*, c'est-à-dire que deux tuyaux voisins correspondent à des notes différant d'un ton ; les tuyaux intercalaires se trouvent de l'autre côté de la passerelle, non visibles sur la photographie.

tablettes, situés dans le fronton (au-dessus du clavier), ou quelquefois par commutateurs manœuvrables au pied (*copula*), permettent les uns d'appeler sur chaque clavier les jeux qui lui sont attribués à l'octave désirée (16,8 ou 4 pieds, 8 pieds étant l'appel normal, dit unisson) (1) ou simultanément à plusieurs octaves, les autres d'amener sur un clavier, à l'unisson ou aux octaves graves et aiguës, les jeux appelés sur un autre clavier. Les *tirasses* ne sont autres que les accouplements reliant les manuels au pédalier. Il faut aussi mentionner les *appels d'anches* qui servent à introduire simultanément sur un clavier, au moment voulu, tous les jeux d'anches (les plus bruyants), dont les registres ont été ouverts, mais qui sont demeurés muets jusqu'à l'abaissement de ces pédales.

La puissance de la soufflerie doit demeurer invariable pendant toute l'exécution sous peine de modifier la hauteur et le timbre du son émis. Jusqu'ici nous n'avons donc vu aucun moyen pour l'organiste de faire varier l'intensité du son émis, si ce n'est en modifiant la registration. Pour permettre dans une certaine mesure de faire varier l'intensité du son d'une manière continue, certains jeux sont enfermés dans des

(1) La hauteur d'un jeu est déterminée par la longueur en pieds du tuyau (ouvert) donnant sa note la plus grave (qui est un *ut*), d'où l'expression jeu de 32 pieds, de 16 pieds, de 8 pieds, de 4 pieds, de 2 pieds. Pour les jeux de 8 pieds, l'écriture n'est pas transposée.

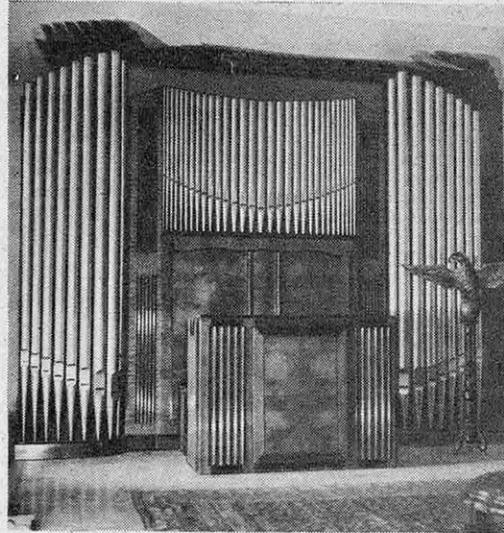


FIG. 3. — UN ORGUE DE SALON MODERNE

L'orgue n'est pas un instrument à l'usage exclusif des cultes. Il trouve sa place également dans les salles de concert et dans les salons des habitations privées. Dans ce dernier cas, les facteurs d'orgues construisent des instruments qui, sous un volume restreint, contiennent des jeux et des ressources en quantité suffisante pour que l'artiste ou l'amateur puisse interpréter toute la musique classique ou moderne, et dont les lignes extérieures s'harmonisent avec l'aménagement du local où l'instrument est placé. L'orgue représenté sur cette photographie, ancien Cavaillé-Coll électrifié et porté à trois claviers manuels par Pleyel, de ligne très moderne, n'occupe pas plus de 8 m<sup>2</sup> de surface et 3,50 m de haut et comporte cependant dix-huit jeux. Les commandes sont électropneumatiques et les combinaisons de jeux ajustables.

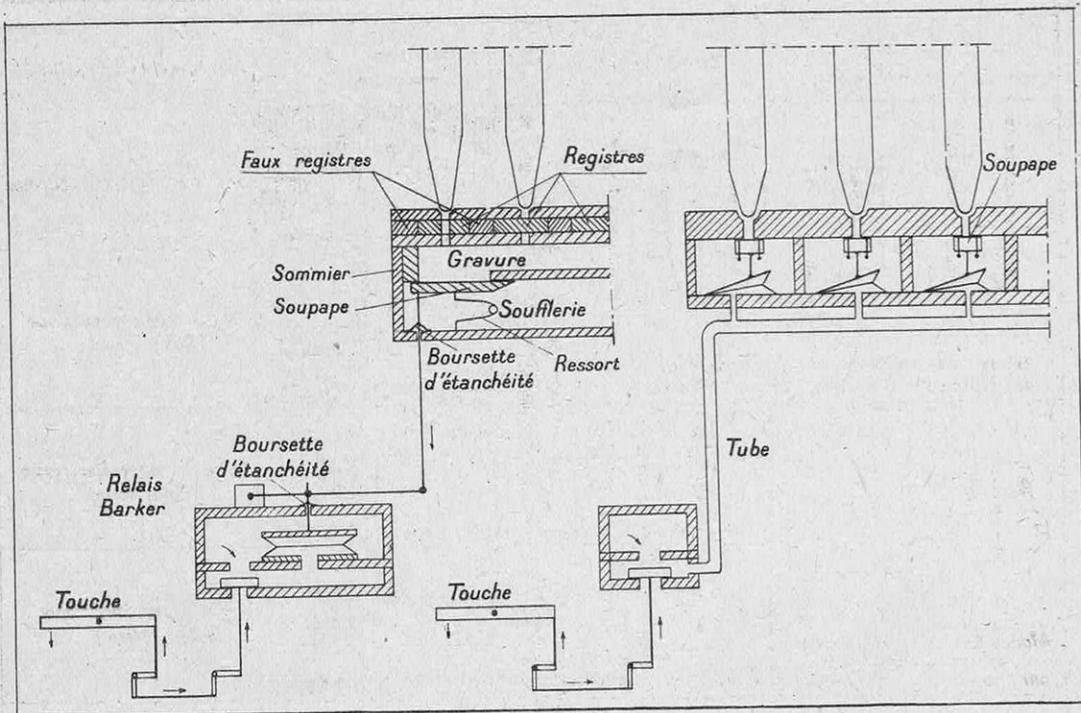


FIG. 4. — LE LEVIER PNEUMATIQUE BARKER ET LES TRANSMISSIONS PNEUMATIQUES

Le levier pneumatique Barker, qui constitue un relais permettant de manœuvrer une ou plusieurs soupapes avec un déplacement et une force initiale relativement faibles, est formé essentiellement par un soufflet qui peut être mis en communication soit avec l'air comprimé du réservoir général, soit avec l'extérieur. Il existe des montages très différents de ce levier, qui, d'une part, peut ouvrir une soupape soit par compression, soit par décompression du soufflet, et d'autre part peut être commandé à partir de la touche, soit par transmission mécanique, soit par transmission pneumatique, soit enfin par transmission électromagnétique. La figure de gauche représente une transmission mécanique relayée par levier pneumatique Barker fonctionnant par décompression : le soufflet étant mis en communication avec l'extérieur lorsqu'on appuie sur la touche, le levier ouvre la soupape faisant entrer l'air du réservoir général dans la « gravure » correspondant à la touche ; la registration est obtenue par glissement des « registres » entre les « faux registres ». La figure de droite montre un exemple de transmission pneumatique entre la touche et l'ensemble des tuyaux correspondant à cette touche et appartenant à des jeux différents par l'intermédiaire de leviers pneumatiques fonctionnant par décompression ; la registration est obtenue en mettant la « laye » des jeux choisis en communication avec le réservoir général.

chambres, dites *boîtes expressives* dont les cloisons sont formées de volets pouvant, comme des jalousies, s'ouvrir ou se fermer au moyen d'une pédale dite *pédale d'expression*, d'où les locutions : jouer « boîte ouverte » ou « boîte fermée » (fig. 2).

Enfin, il existe une possibilité d'obtenir un effet de *vibrato* en employant des jeux « discordés » pour lesquels à chaque note correspondent deux tuyaux de longueur très légèrement différente, afin de produire des battements ; (l'association des jeux de gambe et de voix céleste fournit un jeu discordé). Un autre effet de vibrato résulte de l'emploi du *tremolo*, ou *tremblant*, appareil à échappement intermittent qui fait varier régulièrement, à une cadence rapide, la pression du réservoir.

### Les orgues à tuyaux modernes

Tel que nous l'avons décrit, l'orgue n'en reste pas moins soumis à de lourdes sujétions. En particulier, la masse d'air contenue dans les gros tuyaux comporte une inertie appréciable, qui exige, pour la mettre en branle, une consommation importante d'air de la soufflerie et un délai très sensible interdisant aux jeux les plus graves (au-dessus de 16 pieds) toute volubilité,

sous peine de n'obtenir aucun son ou d'obtenir une sonorité confuse par empîement dans la succession des notes. D'autre part, l'encombrement de l'orgue (six mille tuyaux pour certaines grandes orgues, pouvant dépasser 11 m de haut) entraîne des servitudes architecturales (surface et hauteur de la tribune), d'ailleurs compensées par l'élément décoratif que représente le buffet (fig. 3). Enfin l'orgue à tuyaux souffre d'un *défaut d'expression*, c'est-à-dire qu'il n'est possible de faire varier l'intensité sonore de façon continue qu'au moyen de la boîte expressive, moyen imparfait pour beaucoup d'orgues dont la boîte expressive ne peut contenir qu'un nombre réduit de jeux choisis parmi les moins encombrants, et a des parois de bois qui, même fermées, transmettent les vibrations. Cependant, des orgues modernes possèdent plusieurs boîtes expressives assez grandes pour contenir presque tous les jeux et dont l'isolement des parois est suffisant pour obtenir un excellent *pianissimo*, malgré l'emploi simultané des jeux les plus puissants.

Nous passerons sur la question du prix de revient très élevé, puisque à l'heure actuelle le prix d'un orgue à tuyaux peut se calculer sur

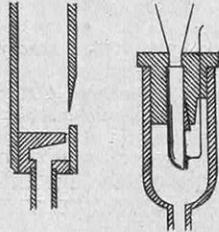
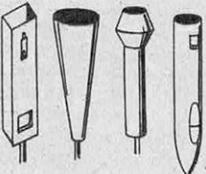
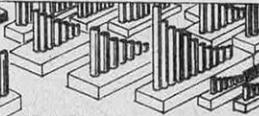
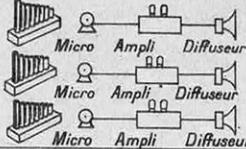
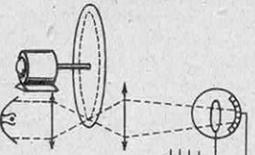
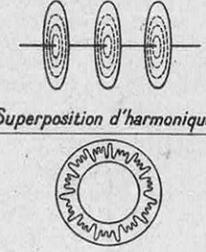
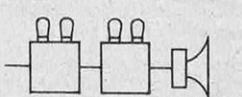
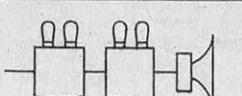
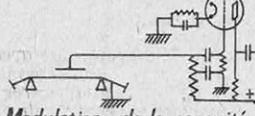
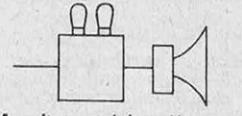
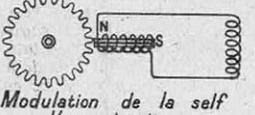
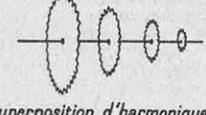
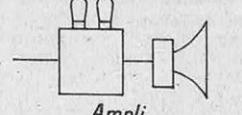
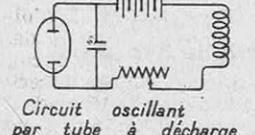
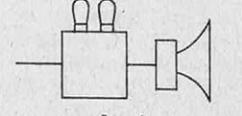
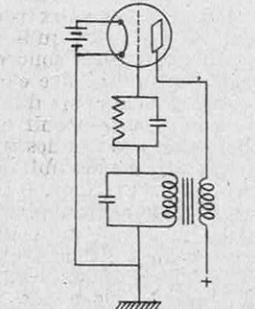
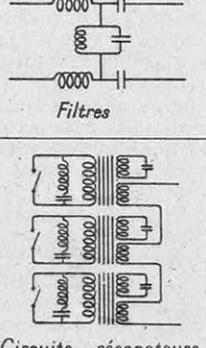
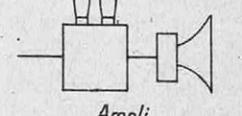
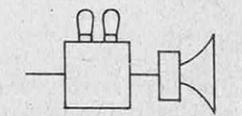
Production du son ou de la vibration	Harmonisation	Amplification de l'intensité sonore	Instruments réalisés
 <p>Tuyau à embouchure de flûte ou à anche</p>	 <p>Tuyaux de formes diverses</p>	 <p>Multiplication des tuyaux</p>  <p>Micro Ampli Diffuseur</p>	<p>Grandes orgues à tuyaux</p> <p>Orgue radiosynthétique (Abbé Puget)</p>
 <p>Modulation de la résistance d'un circuit (par cellule photoélectrique)</p>	 <p>Superposition d'harmoniques</p> <p>Modulation complexe</p>	 <p>Ampli (très puissant)</p>  <p>Ampli (très puissant)</p>	<p>Orgue photoélectrique (Spielmann)</p> <p>Orgue photoélectrique (Toulon, Welts)</p>
 <p>Modulation de la capacité d'un circuit</p>		 <p>Ampli (possibilité d'expression individuelle pour chaque note)</p>	<p>Piano électrostatique (Miessner)</p>
 <p>Modulation de la self d'un circuit</p>	 <p>Superposition d'harmoniques</p>	 <p>Ampli</p>	<p>Orgue électromagnétique (Hammond)</p>
 <p>Circuit oscillant par tube à décharge</p>		 <p>Ampli</p>	<p>Trautonium (instrument monodique)</p>
 <p>Circuit oscillant à lampe triode</p>	 <p>Filtres</p> <p>Circuits résonateurs</p>	 <p>Ampli</p>  <p>Ampli</p>	<p>Orgue électronique (Givelet et Coupleux)</p> <p>Orgue électronique (Constant Martin)</p>

FIG. 5. — COMPARAISON DES PRINCIPES DE L'ORGUE A TUYAUX ET DE DIVERSES ORGUES ÉLECTRIQUES

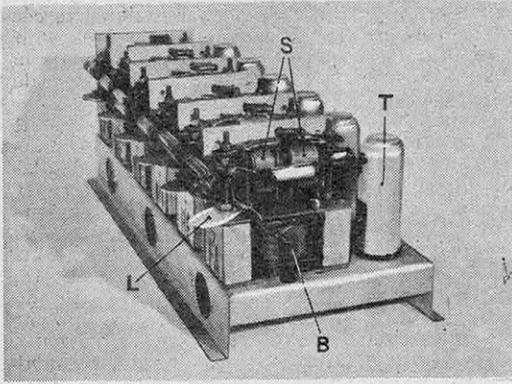


FIG. 6. — UN CHASSIS D'OSCILLATEURS DE L'ORGUE CONSTANT MARTIN

Ce châssis comporte six oscillateurs identiques correspondant chacun à une touche de clavier, c'est-à-dire oscillant à une fréquence musicale déterminée. Sur l'oscillateur qui est au premier plan, on distingue : la lampe triode oscillatrice T, le bobinage du circuit oscillateur B avec la languette d'accord L permettant de régler la self-induction par déplacement d'une armature mobile devant le noyau de la self, et enfin les deux selfs S de couplage au sélecteur d'harmoniques.

la base de 80 000 à 100 000 francs par jeu.

Toutes les orgues sont à présent débarrassées de la servitude des transmissions purement mécaniques grâce à l'emploi des leviers pneumatiques inventés par Barker au milieu du siècle dernier (fig. 4). La plupart des orgues existant actuellement en France sont encore des orgues à transmissions mécaniques relayées par leviers pneumatiques.

Grâce à un système de robinetterie spécialement étudié, les transmissions peuvent également s'effectuer par des tubes d'air comprimé emprunté à la soufflerie : c'est l'orgue pneumatique ou tubulaire.

L'électricité enfin est venue prêter son précieux concours aux facteurs d'orgue : c'est elle qui, dans les orgues électropneumatiques, approvisionne la soufflerie et, par l'intermédiaire de relais électropneumatiques, commande les jeux et les soupapes : touches, pédales et registres figurant sur la console ne sont plus que de simples contacteurs électriques ; les combinaisons de jeux choisies par l'organiste peuvent être préparées à l'avance par lui, « ajustées » et déclenchées au moment opportun par le toucher d'un contacteur unique.

D'autres perfectionnements ont été apportés. La consommation d'air n'étant plus limitée grâce à l'électricité, la pression de la soufflerie a pu être considérablement augmentée (1) et même fixée à des valeurs différentes suivant les groupes de jeux intéressés, ce qui a permis de renforcer les basses et d'obtenir des jeux plus riches en harmoniques. Ces nouvelles possibilités ont d'ailleurs été exploitées en compliquant les formes des tuyaux : aux tuyaux rectangulaires, cylindriques et coniques ont été ajoutés

(1) Dans les orgues habituelles, la pression de la soufflerie s'établit aux environs de 100 mm d'eau, ce qui nécessite déjà un débit de 33 l/s pour l'ut de 32 pieds du jeu « principal », soit, pour l'orgue entier, un débit moyen de plusieurs centaines de litres par seconde.

des tuyaux évasés ou rétrécis au sommet, munis d'un pavillon, percés de trous à diverses hauteurs afin de créer des ventres de vibration pour favoriser la production des harmoniques.

L'orgue de cinéma, créé il y a environ une vingtaine d'années pour accompagner les représentations de cinéma muet, est un orgue à tuyaux électropneumatiques dont les caractéristiques essentielles sont : d'une part le remplacement des accouplements des claviers sur eux-mêmes et entre eux par des dédoublements des jeux, les mêmes jeux pouvant être appelés indifféremment sur tous les claviers à l'octave désirée (sans qu'il y ait « addition » des masses sonores lorsque les mêmes jeux sont appelés plusieurs fois), d'autre part la généralisation du *trémolo*, applicable à tous les claviers, et l'adjonction de jeux de percussion divers ; jeux de harpe (réalisés comme les célestas avec des plaques métalliques), de xylophone (plaques de bois), de cloches (tubes métalliques) et enfin de triangle, caisse roulante, grosse caisse, sirènes et bruiteurs les plus variés destinés initialement à sonoriser les films muets.

Enfin, en 1934, une dernière tentative de modernisation de l'orgue à tuyaux fut accomplie par l'abbé Puget : il fractionnait l'orgue en trois parties placées dans des pièces séparées, reprenait au moyen d'un microphone les sons émis par chacun des trois tronçons afin de les retransmettre par des amplificateurs et des diffuseurs. Par le jeu des mutations (voir plus haut), les sons fondamentaux les plus graves, inexistants en fait, étaient reproduits par superposition de certains de leurs harmoniques, de sorte que le nombre total des tuyaux pouvait être considérablement réduit (dans l'orgue de Notre-Dame du Liban, à Paris, douze cents tuyaux suffisaient pour cinquante et un jeux, alors qu'un orgue ordinaire en aurait exigé plus de quatre mille, et la hauteur des plus grands tuyaux n'excédait pas 2,50 m). C'était l'orgue radiosynthétique (1). Le fractionnement de l'orgue en trois parties avait pour but d'éviter des battements par collision d'harmoniques voisins. Des potentiomètres intercalés dans chaque chaîne d'amplificateurs permettaient de résoudre le problème de l'expression totale et celui du dosage des harmoniques.

### • La génération électrique des sons

Malgré l'étude très consciencieuse qui avait été faite pour l'orgue radiosynthétique de l'abbé Puget en vue de corriger la distorsion introduite par les circuits électriques (2), ces transformations successives de sons en courants modulés, amplifiés, puis de nouveau en sons par l'intermédiaire d'un diffuseur ne pouvaient donner d'excellents résultats. D'ailleurs, les microphones recueillaient et transmettaient aux amplificateurs non seulement les sons émis par les tuyaux, mais également tous les bruits de soupapes.

D'autres moyens existaient pour introduire directement dans des circuits électriques des

(1) Voir *Science et Vie*, n° 207, septembre 1934 p. 198.

(2) Cette distorsion provient de ce que les courbes de réponse du microphone, de l'amplificateur et du diffuseur, courbes donnant la sensibilité de ces appareils en fonction de la fréquence, ne sont pas « linéaires ». Par l'introduction de résistances, de capacités et de selfs dans les divers étages de ces appareils, on arrive à obtenir des courbes de réponse qui, tant bien que mal, se corrigent mutuellement.

oscillations de fréquences musicales traduisibles par un haut-parleur, sans recourir à l'emploi d'un microphone caractérisé par une courbe de réponse d'allure plus ou moins irrégulière. Il suffisait, par exemple, de faire varier avec les fréquences voulues l'une des trois caractéristiques d'un circuit : la résistance, la capacité, ou la self. Un quatrième moyen consistait à créer un circuit oscillant de lui-même à une fréquence musicale par le procédé de la lampe à trois électrodes montée en oscillatrice (1) (fig. 5).

Un moyen simple de faire varier périodiquement la résistance d'un circuit était d'y intercaler une cellule photoélectrique soumise à un éclairage convenablement modulé. Ce principe, qui est le même que pour le cinéma parlant, fut appliqué à l'orgue photoélectrique, vers 1934, par Toulon en France, par Spielmann en Autriche (2) et, quelques années plus tard, par Welte en Allemagne (3), la modulation étant produite par l'imposition, sur le trajet des faisceaux lumineux, de disques tournants perforés de trous répartis sur plusieurs pistes concentriques. Tandis que Spielmann reproduisait synthétiquement les différents timbres par superposition d'harmoniques, Toulon et Welte utilisaient des « pistes sonores » donnant directement des sons composés et obtenues soit par enregistrement de tuyaux d'orgue, soit par tracés *a priori* pour la création de timbres nouveaux ; des relais électromagnétiques commandaient les volets masquant normalement les sources lumineuses pour chacune des pistes. Ces instruments avaient le gros défaut de ne créer que des modulations de très faible amplitude et nécessitaient l'emploi d'amplificateurs puissants, introduisant de distorsions importantes.

Pour faire varier périodiquement la capacité d'un circuit, il suffisait de constituer par une membrane, une verge ou une corde vibrante, l'une des armatures d'un condensateur interposé dans ce circuit. Ce principe fut appliqué vers 1935 par Miessner à l'instrument dit *piano électronique*, constitué par l'adjonction à un piano normal d'une série de vis à tête plate qui, placées en regard et à faible distance de la corde ou du groupe de cordes correspondant à chaque touche du clavier, constituaient avec ces cordes un condensateur servant à moduler le courant grille d'une triode amplificatrice. La particularité la plus intéressante de cet instrument était que l'intensité du son émis pouvait être réglée à volonté, soit individuellement pour

chaque note, par la force de percussion exercée sur la touche, soit de façon massive pour l'ensemble des sons produits, par l'action de la pédale d'expression agissant sur la puissance de l'amplificateur.

Les variations périodiques de la self d'un circuit (principe du « pick-up ») sont employées dans l'orgue électromagnétique construit aux États-Unis par Hammond depuis 1934 (1) : des roues dentées en fer doux tournent devant les barreaux aimantés constituant les noyaux des selfs et engendrent dans ces noyaux des modifications périodiques de l'état magnétique, et par suite, dans les bobines, des courants alternatifs de fréquence égale au nombre de dents passant par seconde devant l'extrémité des barreaux aimantés. On obtient ainsi des sons entièrement

(1) Voir *Science et Vie*, n° 241, juillet 1937, p. 30.

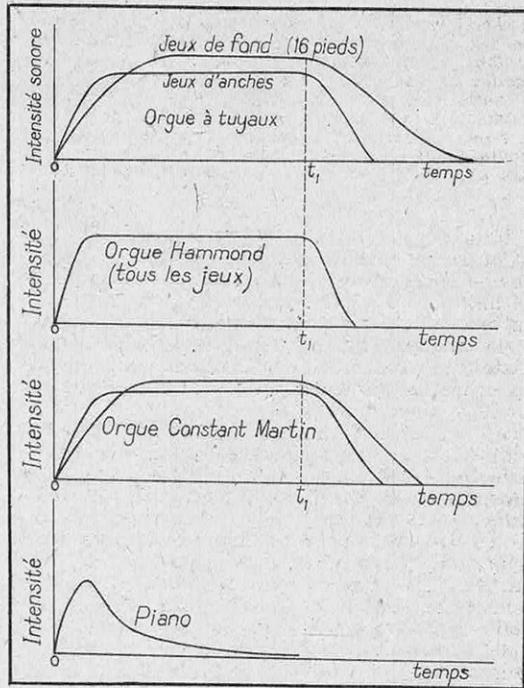


FIG. 7. — LES MODES D'ATTAQUE ET D'EXTINCTION DU SON CHEZ DIVERS INSTRUMENTS

Le premier graphique montre comment se développe, en fonction du temps, l'intensité sonore émise par un tuyau d'orgue attaqué au temps 0 et comment elle diminue après le moment  $t_1$ , où l'exécutant a cessé de fournir le vent ; l'inertie, très appréciable pour les jeux de fond, et d'autant plus qu'il s'agit d'un plus grand tuyau, interdit toute vélocité dans les basses. Dans l'orgue Hammond (deuxième graphique), le mode d'attaque, assez brutal, est identique pour tous les jeux. Dans l'orgue Constant Martin, l'inertie des « jeux de circuit » est variable suivant le réglage des caractéristiques des circuits résonateurs (réglage qui constitue l'harmonisation) : il y a donc possibilité d'obtenir des attaques douces ou rapides et des basses suffisamment articulées. Le dernier graphique représente la courbe d'intensité sonore émise par une corde de piano. Cette diversité dans les modes d'attaques entre pour une grande part dans la différenciation des timbres d'instrument, timbres qui sont caractérisés d'autre part par l'intensité relative des divers harmoniques superposés à la vibration fondamentale.

(1) Une autre source d'oscillations périodiques, mais non sinusoïdales, pourrait être fournie par des tubes de décharge dans les gaz rares (néon, par exemple) : la période d'un tel tube, branché en parallèle avec un condensateur sur un circuit comprenant un générateur de courant continu et une résistance, est proportionnelle à la capacité du condensateur et à la résistance du circuit : en modifiant l'une ou l'autre, on peut obtenir un son musical de fréquence déterminée. Ce principe a été appliqué en 1936 dans le *trautonium*, instrument monodique dû au Dr Trautwein, dans lequel la résistance du circuit, variable, était représentée par une corde conductrice résistante dont la pression des doigts, la mettant en contact avec une plaque conductrice, délimitait la partie utile. Le changement de capacité permettait de déplacer la « tessiture » de l'instrument vers les régions les plus graves ou les plus aiguës.

(2) Voir *Science et Vie*, n° 207, septembre 1934, p. 196.

(3) Voir *Science et Vie*, n° 241, juillet 1937, p. 28.

synthétiques, dont on fait varier le timbre par superposition d'harmoniques. Mais les sons ne sont pas purs, car, quelle que soit la forme adoptée pour les dents, il est impossible d'obtenir une variation rigoureusement sinusoïdale des selfs.

Enfin, la méthode qui devait conduire à l'orgue électronique actuel était de créer les oscillations par le moyen d'une triode montée soit en oscillatrice basse fréquence, soit en hétérodyne. (On sait que le montage en hétérodyne consiste à coupler deux oscillatrices haute fréquence de manière à faire interférer leurs oscillations ; on peut ainsi obtenir des battements à fréquence musicale). Le procédé de l'hétérodyne est à la base de la plupart des instruments de musique dits « à ondes », depuis l'instrument des ingénieurs russes Theremin et Goldberg (1928) (1) jusqu'à celui des ondes musicales Martenot (2).

(1) Voir *Science et Vie*, n° 125, février 1928, p. 131.

(2) Voir *Science et Vie*, n° 207, septembre 1934, p. 201.

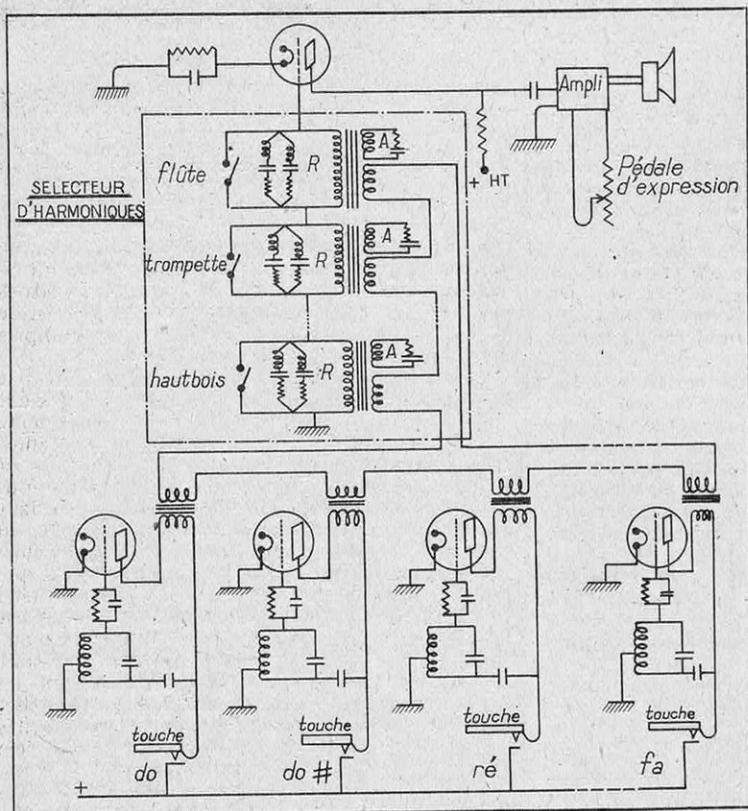


FIG. 8. — LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ORGUE ÉLECTRONIQUE CONSTANT MARTIN

Ce schéma montre comment plusieurs circuits oscillants correspondant chacun à une touche de clavier peuvent être couplés en série (ils auraient pu l'être en parallèle) avec un « sélecteur d'harmoniques » constitué par plusieurs « jeux de circuits » montés en série. Chaque jeu de circuits comporte d'une part un circuit d'absorption A destiné à amortir les harmoniques et éliminer les interférences, d'autre part un enroulement secondaire R, court-circuitable à volonté, se refermant sur une combinaison de résistances, de capacités et de selfs qui transforment ce circuit secondaire en un véritable résonateur pour certains groupes de fréquence. Ces circuits résonateurs, qui peuvent être mis en circuit ou hors circuit par l'action des « registres », sont montés en série sur la grille d'une lampe triode amplificatrice.

## Le nombre des circuits oscillants

Les instruments « à ondes » que nous venons de citer en dernier lieu sont *monodiques*, c'est-à-dire que, ne contenant qu'un seul circuit oscillant, ils ne sont capables d'émettre simultanément qu'un seul son, dont le timbre peut d'ailleurs être modifié à volonté par des « filtres » interposés entre le circuit oscillant et l'amplificateur, et destinés à éliminer certains harmoniques. Pour modifier la fréquence du son émis, on fait varier l'une des caractéristiques du circuit : dans l'appareil de Theremin et Goldberg, le corps de l'exécutant constituait une des armatures d'un condensateur variable, et le déplacement de la main par rapport à l'antenne modifiait la fréquence ; de même pour la *croix sonore* de Billaudot. Le *dynaphone* de Bertrand et l'*ondium* de Péchadre (1) utilisaient le premier un condensateur variable et le second un noyau mobile de self lié à un index mobile se déplaçant sur un cadran. Enfin, dans les *ondes musicales Martenot*, le jeu « au ruban » correspond à une variation continue de la capacité, tandis que le jeu « au clavier » correspond à une variation discontinue de la self.

Dans un instrument *polyphonique*, il doit nécessairement y avoir un grand nombre de circuits oscillants, mais le nombre en sera différent suivant que l'on cherche à obtenir la variété des timbres soit par *synthèse* d'harmoniques provenant de plusieurs oscillateurs indépendants, soit par *analyse* des divers harmoniques émis par chaque oscillateur, et suivant l'utilisation plus ou moins étendue du procédé des mutations.

Dans un premier orgue construit en 1931 (2), Givélet et Coupleux n'utilisaient que douze lampes oscillatrices, correspondant chacune à l'une des douze notes de la gamme tempérée des musiciens ; sur chacune de ces lampes pouvaient être branchés à volonté des circuits oscillants correspondant aux diverses octaves de la même note (système des « notes pilotes »). Mais ce procédé empêchait de jouer simultanément plusieurs notes en rapport d'octave, chaque lampe ne pouvant faire osciller qu'un seul circuit à la fois. C'est la raison pour laquelle, dans l'orgue que réalisèrent ces mêmes constructeurs en 1932 pour

(1) Voir *Science et Vie*, n° 232, octobre 1936, p. 341.  
(2) Voir *Science et Vie*, n° 163, janvier 1931, p. 71.

le Poste Parisien (1), à chacune des deux cents touches que comportaient les trois claviers et le pédalier correspondait une triode oscillatrice.

Dans l'orgue actuellement construit en série en France par M. Constant Martin, et dont nous allons parler en détail, il y a aussi un circuit oscillateur par touche de clavier (fig. 6). L'avantage de ce procédé est, en effet, d'obtenir une sonorité plus indépendante pour chaque note, et de se rapprocher ainsi de la multiplicité et de l'indépendance des organes, auxquelles l'orgue à tuyaux est redevable de la richesse de sa tonalité.

### L'élimination des battements et la sélection des harmoniques

La réunion dans les mêmes circuits électriques d'oscillations correspondant à plusieurs notes fondamentales et à leurs harmoniques n'était pas sans poser des problèmes redoutables concernant la rencontre d'oscillations de fréquences très voisines (ce qui se produit en particulier lorsque viennent se heurter des harmoniques de notes fondamentales issues d'une gamme tempérée) (2); il ne peut résulter de ces rencontres que des battements produisant des « sons parasites » qui bourdonnent désagréablement dans les diffuseurs.

D'autre part, il ne peut être question d'éliminer systématiquement tous ces harmoniques, puisque nous avons vu que ce sont eux qui fournissent les différents timbres.

De ce double point de vue résulte la complexité du problème du dosage des harmoniques.

Certaines rencontres dangereuses peuvent être évitées en dissociant les circuits; c'est ce qui avait amené l'abbé Puget à séparer ses orgues en trois tronçons placés dans des pièces séparées, et Coupleux et Givelet à doter leur premier orgue d'autant de diffuseurs que d'oscillateurs et plus tard à répartir les circuits de l'orgue du Poste Parisien entre treize diffuseurs précédés chacun d'une chaîne d'amplificateurs.

Le dosage des harmoniques peut être obtenu soit par le choix des caractéristiques des circuits oscillants (on obtient une plus grande richesse d'harmoniques en augmentant la self, ce qui conduit à diminuer la capacité afin de ne pas

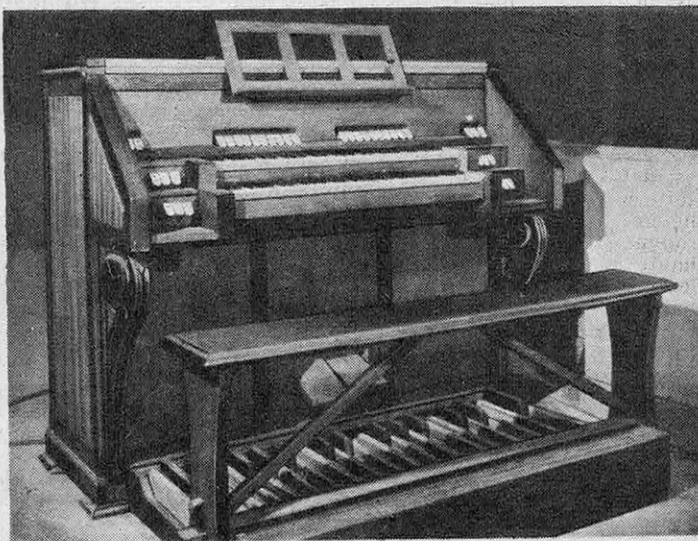


FIG. 9. — LA CONSOLE DE L'ORGUE DE SAINTE-ODILE

C'est un orgue électronique construit par M. Constant Martin. On distingue sur le fronton, au-dessus des claviers, les deux séries de registres et d'« altéras » (récit à droite, grand orgue à gauche); à gauche de chaque clavier, les tirettes d'accouplement et, au-dessus, les tirasses; à droite de chaque clavier, les « mutators » et, au-dessus, les commandes de vibrato; au-dessus du pédalier, les deux pédales d'expression (une par clavier).

changer la fréquence du circuit) (1), soit, comme dans les orgues de Givelet et-Coupleux, en introduisant dans les circuits des filtres constitués par des selfs et des capacités, et dont l'effet est de s'opposer au passage des courants compris dans une bande déterminée de fréquences.

Ces filtres produisent des jeux différents par analyse des harmoniques, mais ils n'en laissent subsister qu'un nombre très limité sous peine de voir se produire des battements et, en définitive, ne fournissent que des jeux pauvres et plats, monotones pour l'oreille, malgré la complication effroyable des circuits qui résulte de leur emploi. Dans les orgues électromagnétiques, au contraire, et dans certaines orgues photoélectriques, c'est par synthèse d'harmoniques que les différents timbres se trouvent reconstitués; le défaut est le même, car cette synthèse est limitée à un nombre restreint d'harmoniques, (huit pour l'orgue Hammond) qui, de plus, sont empruntés à la gamme tempérée, ce qui ne peut donner un résultat suffisamment esthétique. De plus, les diverses parties mécaniques de ces instruments (roues dentées ou perforées) étant « calées » les unes par rapport aux autres, il en résulte pour les diverses fréquences obtenues un déphasage constant par synchronisation des divers circuits oscillants, d'où monotonie à l'audition. Un reproche semblable pourrait être fait pour le mode d'attaque, qui reste identique pour les différents jeux, alors que, dans l'orgue à tuyaux, l'attaque des jeux à anches est plus rapide que pour les jeux de fond (fig. 7).

(1) La fréquence propre d'oscillation d'un circuit est en effet donnée par la formule  $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  (formule de Thomson) dans laquelle C désigne la capacité mesurée en farads et L la self mesurée en henrys

(1) Voir *Science et Vie*, n° 187, janvier 1933, p. 25.

(2) On sait que les notes de la gamme « tempérée » des instruments à clavier sont obtenues en divisant logarithmiquement chaque octave en douze demitons égaux, et que, par conséquent, les intervalles obtenus ne sont pas exactement ceux d'une gamme « naturelle » issue de la succession des harmoniques. Il en résulte que ceux des harmoniques de ces notes tempérées qui devraient normalement avoir des fréquences égales peuvent avoir en fait des fréquences légèrement différentes, d'où interférences se traduisant par des battements.

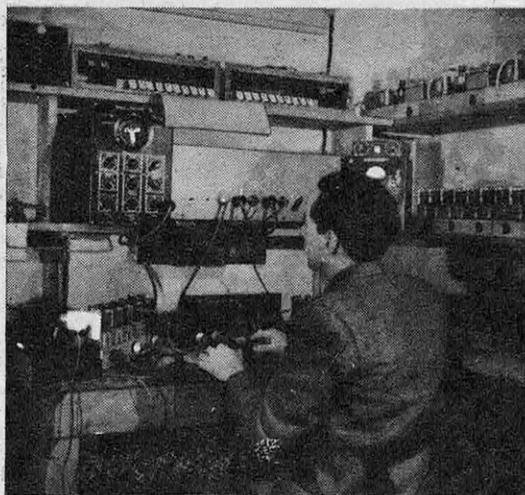


FIG. 10. — LE RÉGLAGE DES CIRCUITS OSCILLANTS AU LABORATOIRE

Le premier réglage des circuits oscillants est effectué en laboratoire, par comparaison avec les circuits oscillants d'un petit orgue donnant la gamme tempérée étalon. L'accord est réalisé simultanément par le procédé acoustique et par le moyen d'un oscillographe cathodique dont les deux couples de plaques déflectrices, placés suivant des axes perpendiculaires, sont reliés respectivement à l'oscillateur à accorder et à l'oscillateur étalon. Le réglage, dégrossi à l'oreille, est poursuivi jusqu'à stabilisation des « courbes de Lissajous » se dessinant sur l'écran de l'oscilloscope. Les accords ultérieurs pourront être faits sur place et « à l'oreille » au moyen des languettes de réglage des armatures mobiles de self sans qu'il soit nécessaire de retirer les oscillateurs de la console de l'orgue.

Enfin, le défaut le plus grave de ces instruments à synthèse d'harmoniques est de ne pas pouvoir multiplier l'émission d'un harmonique lorsqu'il est commun à plusieurs notes ou plusieurs jeux simultanément appelés, contrairement à ce qui se produit avec l'orgue à tuyaux, pour lequel les notes et les jeux parlent de façon absolument indépendante, d'où l'effet de masse.

Dans l'orgue de M. Constant Martin, les harmoniques issus de chaque circuit oscillant sont dosés grâce à l'interposition, entre oscillateur et amplificateur, d'une chaîne de transformateurs comprenant chacun d'une part un circuit d'absorption destiné à amortir les harmoniques et éliminer les interférences, d'autre part un secondaire court-circuitable à volonté, se refermant sur une combinaison de selfs, de capacités et de résistances placées en série et en parallèle, qui transforment ce circuit secondaire en un véritable résonateur pour certains groupes de fréquences. Ces enroulements secondaires sont branchés en série sur la grille d'une lampe triode dont la plaque est reliée à l'amplificateur. Ils constituent chacun un « jeu », que l'organiste peut appeler en ouvrant l'interrupteur qui les met en court-circuit, et leur ensemble constitue un sélecteur d'harmoniques (fig. 8).

Etant donné la très bonne élimination des battements obtenue par un tel sélecteur, il est possible de brancher sur lui, en série ou en parallèle, les oscillateurs de plusieurs notes voisines de la gamme (six dans le cas de l'orgue Constant Martin), de sorte que, pour les soixante

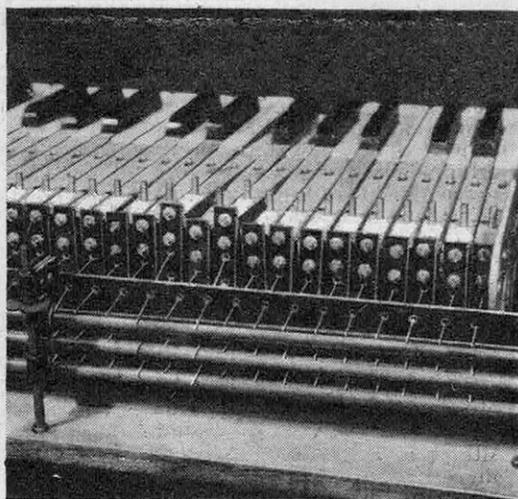


FIG. 11. — LES CONTACTS DE TOUCHE DANS L'ORGUE CONSTANT MARTIN

Chaque touche commande trois aiguilles flexibles, dont la forme a été spécialement étudiée pour résister sans se briser à plusieurs centaines de milliers de contacts. Elles viennent, lorsqu'on enfonce la touche, s'appuyer sur trois barres cylindriques horizontales en matière isolante qui courent parallèlement au clavier. Chaque barre correspond à un accouplement différent et porte une génératrice conductrice en relief qui, lorsque la tirette d'accouplement correspondante est en position d'appel, vient s'offrir, par rotation de la barre, au contact des aiguilles. La photographie a été prise avec deux touches abaissées, pour montrer le mouvement des aiguilles de contact ; seule la barre supérieure à sa génératrice conductrice offerte au contact des aiguilles, pour réaliser l'accouplement correspondant.

notes d'un clavier, dix sélecteurs suffisent, branchés en parallèle sur l'entrée de l'amplificateur par l'intermédiaire de condensateurs. Il en résulte, pour l'ensemble des sélecteurs, un encombrement très minime : ils sont placés sur un seul châssis logé dans la partie supérieure de la console, dont les circuits oscillants occupent la partie inférieure.

Facultativement, des filtres peuvent être interposés entre la sortie des sélecteurs et l'entrée de l'amplificateur, filtres destinés à éliminer certains des harmoniques. Dans les orgues construites par M. Constant Martin, ces filtres très simples sont utilisés suivant deux procédés différents : en manœuvrant des tirettes nommées *altéras*, des filtres sont introduits dans le circuit de certains jeux (les jeux d'anches en principe) et en modifient le timbre au point de réaliser des jeux entièrement nouveaux ; en manœuvrant d'autres tirettes nommées *mutators*, des filtres sont également mis en circuit, mais ils n'interviennent que dans la mesure où la pédale d'expression est plus ou moins enfoncée, ce qui permet d'obtenir, par le jeu de cette pédale, une *variation continue du timbre*, ce qui constitue un mode d'expression entièrement nouveau.

### L'expression et l'amplification

Les courants modulés issus des circuits de plaques des sélecteurs d'harmoniques sont recueillis en parallèle par un amplificateur et transmis à un ou plusieurs diffuseurs de carac-

téristiques différentes afin de bien faire ressortir les sons dans toute la gamme des fréquences audibles (1) ; on obtient ainsi la puissance voulue suivant l'acoustique de la salle et l'effet à obtenir. L'expression totale est intégralement réalisée par le jeu de la pédale d'expression qui commande la puissance de l'amplificateur. Il est remarquable que, dans l'orgue électronique, le courant fourni par les circuits-plaques des sélecteurs est déjà d'intensité importante (à la différence des orgues photoélectriques) et que, par conséquent, une faible amplification suffit, ce qui est intéressant pour éviter les distorsions.

Enfin, un effet de *vibrato* peut être obtenu par l'action d'un petit moteur faisant varier périodiquement la tension-plaques des oscillatrices, par mises successives en circuit et hors circuit d'une résistance supplémentaire ; il en résulte une modification simultanée de l'intensité et de la hauteur du son émis. La fréquence de ce vibrato peut être commandée par l'exécutant.

### Accord et harmonisation

Le simple déplacement d'une languette métallique permet de faire varier le coefficient de self-induction de chaque circuit oscillateur afin d'accorder chaque note (fig. 10). (L'orgue à tuyaux nécessite également un accord fréquent, du moins pour les jeux d'anches). Remarquons qu'il aurait été possible de synchroniser tous les oscillateurs donnant des notes en rapport d'octave (tous les *do* par exemple) sur un oscillateur pilote, de manière à n'avoir que douze notes à accorder. Mais cette synchronisation aurait porté préjudice à la richesse de l'audition, en supprimant l'impression de multiplicité des instruments.

L'« harmonisation » s'obtient pour chaque ensemble de six notes successives et pour chaque jeu en faisant varier les caractéristiques (résistance, capacité et self) du circuit résonateur correspondant. C'est dans cette opération que se révèlent le sens artistique et l'individualité de l'organier ou de l'« harmoniste » qui l'accomplit.

Grâce au grand nombre d'harmoniques de rang élevé qui peuvent être conservés dans les sélecteurs d'harmoniques (contrairement à ce qui se produit avec les filtres), tous les jeux sont d'une grande richesse, bourdons et flûtes ont une sonorité pleine et ronde, les jeux d'anches sont légers et mordants et les jeux de mutation sont rigoureusement justes puisque issus d'une même série d'harmoniques naturels.

(1) Nous avons vu plus haut que les courbes de réponse des amplificateurs et diffuseurs n'étaient pas linéaires. C'est la raison pour laquelle, en vue d'obtenir une bonne audition, on a intérêt à employer simultanément plusieurs appareils de caractéristiques différentes afin d'avoir une bonne sensibilité sur toute la gamme des fréquences audibles.

Altérés et mutators permettent d'obtenir des effets nouveaux et des contrastes inattendus.

Chaque oscillateur n'est mis en action qu'avec l'infime retard nécessaire pour que le son ne vienne pas heurter l'oreille en produisant l'effet d'une percussion ; d'autre part, les « jeux de circuits » entrent en résonance avec des délais qui peuvent être diversement réglés : tandis que les jeux de fond possèdent un mode d'attaque particulièrement doux, les jeux d'anches répondent sans inertie, et certaines combinaisons de jeux permettent même d'obtenir éventuellement une très bonne illusion d'instrument à cordes pincées (clavecin).

### L'orgue de Sainte-Odile

C'est en application des principes exposés ci-dessus et après un long travail de mise au point qui a duré de 1932 à 1944, que M. Constant Martin a construit les orgues qui équipent actuellement une cinquantaine d'églises de France, en particulier Sainte-Odile à Paris et la basilique du Sacré-Cœur à Cholet (fig. 9).

La console de ces orgues, à peu près identique à la console d'un petit orgue à tuyaux, comprend deux claviers et un pédalier. Le clavier de grand orgue possède quatre jeux de fond (cor de nuit, bourdon, flûte, montre) et quatre jeux originaux de détail (dulciane, diapason, tuba, trompette) ; le clavier de récit possède quatre jeux de fond (cor de nuit, bourdon, flûte, tibia), et quatre jeux originaux de détail (salicet, clarinette, dolce, trompette) ; mais chaque clavier voit ses jeux modifiés à volonté par l'action de



FIG. 12. — M. CONSTANT MARTIN A LA CONSOLE DE L'ORGANUM

Cet instrument est conçu sur le même principe que l'orgue de Sainte-Odile, mais il ne comporte qu'un clavier dont les deux moitiés, comme pour un harmonium, peuvent faire parler des jeux différents afin d'obtenir des effets analogues à ceux de l'orgue à deux claviers ; au-dessus du clavier, on distingue, entre les deux séries de registres, le commutateur servant à déplacer la coupure de clavier grâce à un montage dont le schéma est indiqué par la figure 13.

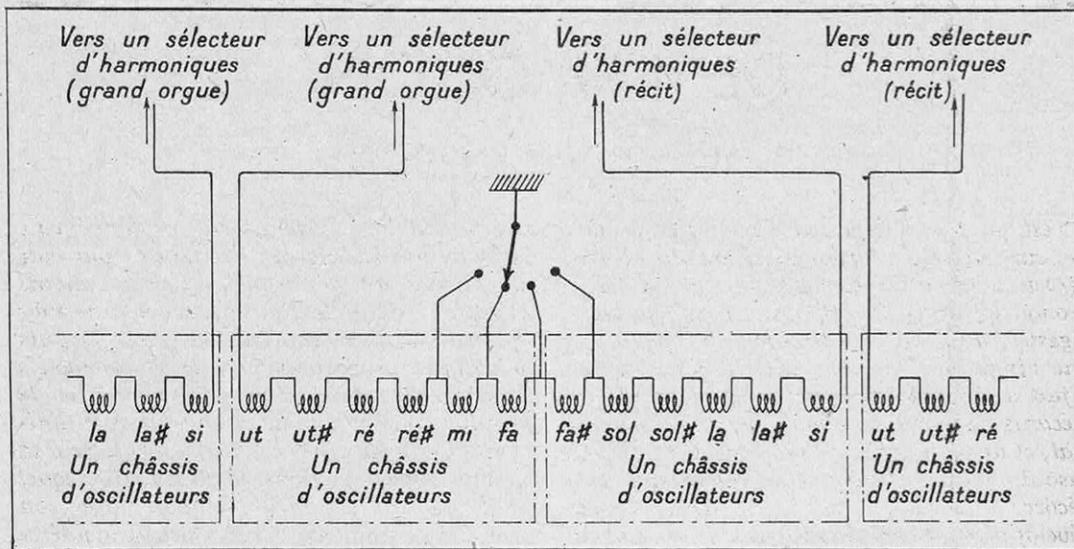


FIG. 13. — LA COUPURE MOBILE DES CLAVIERS SUR L'ORGANUM

Ce schéma montre comment les notes centrales du clavier peuvent à volonté être branchées sur un sélecteur d'harmoniques appartenant aux jeux de récit ou sur un sélecteur appartenant aux jeux de grand orgue, afin de placer la coupure de clavier entre deux notes choisies à volonté dans l'intervalle compris entre le ré dièse et le sol.

deux *altéras* (pour jeux de détail seulement) et de trois *mutators* faisant intervenir la pédale d'expression dans le filtrage des harmoniques (une pédale d'expression par clavier manuel). Pour la réalisation des accouplements, chaque touche commande trois contacts à aiguilles qui viennent s'appuyer, lorsque la touche est enfoncée, sur trois barres cylindriques isolantes faisant toute la longueur du clavier et comportant chacune une génératrice qui, par rotation de la barre, vient s'offrir au contact des aiguilles lorsque la tirette d'accouplement correspondante est en position d'appel (fig. 11).

Le pédalier ne fonctionne en principe qu'en « tirasse », c'est-à-dire par emprunt de jeux sur les claviers, mais un *mutator* spécial lui permet d'avoir des jeux pratiquement indépendants.

Tous les organes, à l'exception des amplificateurs, des diffuseurs et d'une boîte d'alimentation, sont contenus dans la console, dont les dimensions n'excèdent pas 1,20 m en hauteur, 1,40 m en largeur, 0,76 m en profondeur, et le poids 300 kg. La consommation est de 800 watts sur courant alternatif de 110-120 volts.

L'équipement sonore est constitué par six amplificateurs et huit diffuseurs qui, placés par groupes de quatre aux extrémités de la tribune, sont orientés vers le centre de la nef.

Sur les mêmes principes a été réalisé un petit orgue à un seul clavier, l'« organium » (fig. 12). Comme celui d'un harmonium, le clavier est partagé en deux parties sur lesquelles on peut appeler des jeux différents, afin d'obtenir des effets analogues à ceux que peut fournir l'orgue à deux claviers; mais une petite manette permet de déplacer la coupure de clavier entre le ré dièse et le sol (fig. 13). Le pédalier fonctionne en tirasse, mais ses douze premières touches peuvent aussi commander un circuit

oscillateur monodique spécial à douze fréquences (une seule à la fois pouvant être émise) sonnant sur seize pieds en soubasse, flûte ou bombarde. L'équipement sonore peut être le même que celui de l'orgue à deux claviers, ou réduit à un amplificateur avec un seul diffuseur, selon la puissance désirée.

Cet instrument équipe actuellement un grand nombre d'églises, paroisses de ville ou campagne, communautés religieuses, etc. (Saint-Jacques de Neuilly, par exemple).

Il paraît douteux que l'on puisse pousser plus loin, sans nuire aux qualités artistiques, la simplification de cet immense instrument qu'est le grand orgue. Mais on peut déjà admirer le résultat obtenu quand on réfléchit qu'il est maintenant possible de faire tenir dans un volume de 4,5 m<sup>3</sup> un instrument ayant mêmes sonorités, même plénitude et même variété qu'un grand orgue de cathédrale qui ne nécessite pas moins de six rangs de soixante tuyaux pour un simple jeu de cornets, et au total plusieurs milliers de tuyaux.

A une époque où de nombreuses églises ont été détruites par les ravages de la guerre, il était intéressant de mettre à la portée des paroisses sinistrées un instrument de qualité susceptible de remplacer les grandes orgues à tuyaux que leurs moyens réduits ne leur permettraient pas de s'offrir, et pour la construction desquelles la matière première fera sans doute encore longtemps défaut. C'est la raison pour laquelle les modèles actuellement construits « en série » sont très simples, mais il est hors de doute qu'on ne puisse réaliser, sur le même principe, des orgues à quatre ou cinq claviers et à combinaisons ajustables, offrant à l'exécutant les mêmes ressources que les orgues à tuyaux les plus perfectionnées.

# LE RETENTISSEMENT BIOLOGIQUE DE L'ÉMOTION

par le Dr Daniel BARGETON

*C'est un fait d'expérience quotidienne que nos « états d'âme » retentissent profondément sur l'activité physiologique de nos organes. Les émotions induisent, directement par voie nerveuse, ou indirectement par le jeu des glandes endocrines, des troubles plus ou moins prononcés dans les rythmes cardiaque et respiratoire, dans le fonctionnement du tube digestif, dans la coordination des mouvements, dans l'activité intellectuelle, etc. Depuis une vingtaine d'années, l'étude des réactions biologiques provoquées par les états émotifs a fait de considérables progrès, au point que cette étude permet de commencer à analyser le mécanisme même de l'émotion, grâce à l'expérimentation sur l'homme et surtout sur l'animal, et aux acquisitions récentes de la neurochirurgie. On a été ainsi conduit à localiser à la base du cerveau le centre de commande de l'affectivité et des réactions émotives, sur lequel l'écorce cérébrale, siège de la pensée consciente, exerce une action en rapport avec son développement chez les différentes espèces animales. De ce point de vue, on peut considérer les animaux inférieurs comme de simples machines à réflexes, dont le comportement résulterait exclusivement d'une chaîne d'automatismes, tandis qu'en s'élevant dans l'échelle des espèces l'affectivité passerait de plus en plus sous l'influence de la conscience. Tout un aspect de la vie mentale est aujourd'hui devenu accessible aux moyens d'exploration objectifs, la frontière entre le domaine de la psychologie et celui de la physiologie tend à disparaître.*

## Les réactions émotives du chat effrayé

**L**es travaux de Cannon et de Bard, sur les réactions provoquées chez le chat par la frayeur, la colère et la lutte, constituent sans doute une des contributions les plus importantes à l'étude expérimentale de l'émotion.

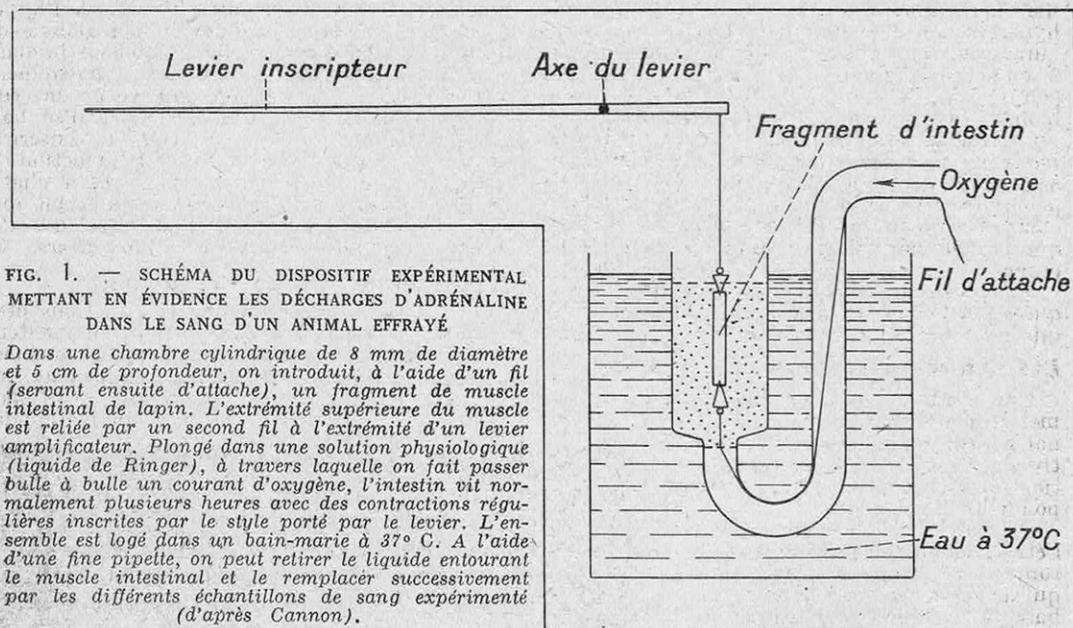
Le chat, avec la richesse de ses manifestations émotives, se prêtait particulièrement bien à cette étude ; il est facile, chez lui, de provoquer la frayeur ou la colère, sans dispositif expérimental compliqué ou à caractère artificiel : il suffit d'utiliser son animosité traditionnelle à l'égard du chien. De plus, avantage appréciable, le chat est un des animaux dont le système nerveux est le mieux connu ; depuis de nombreuses années, il constitue en effet, et surtout dans les pays anglo-saxons, le sujet de prédilection pour l'expérimentation en physiologie nerveuse.

Un chat est immobilisé sur un support ; on fait approcher un chien choisi pour son agressivité à l'égard de la gent féline, aboyant violemment, mais solidement tenu en laisse. Cette confrontation provoque chez le chat des réactions, dont les plus visibles sont connues de tous : hérissément des poils, respiration rapide et haletante, dilatation des pupilles ; c'est le jeu externe de l'émotion. La pulpe digitale est moite, indiquant une abondante sécrétion de sueur sur la seule région du corps du chat où existent des glandes sudoripares.

Si un stéthoscope a été attaché par une sangle à la hauteur du cœur et relié à un appareil inscripteur, il enregistre une accélération considérable du rythme cardiaque, qui peut atteindre et dépasser 200 par minute. Un brassard de sphygmomanomètre, entourant une patte de

l'animal et fait à sa mesure, permet de constater une élévation considérable de la pression artérielle. L'examen radioscopique, après ingestion d'un repas opaque aux rayons X, montre l'arrêt des mouvements normaux de l'estomac et de l'intestin.

Il n'est pas inutile de rappeler dans quelles conditions a été observée pour la première fois l'inhibition émotive de la motricité digestive. C'est, en effet, le physiologiste Cannon qui eut le premier l'idée d'utiliser les rayons X, tout nouvellement découverts, pour explorer, après ingestion d'un repas opaque, la motricité digestive, alors très mal connue. Au cours de ses premières expériences, il faisait boire à des chats du lait additionné de sous-nitrate de bismuth, les attachait sur un support et examinait à l'écran radioscopique les mouvements du tube digestif ainsi opacifié. Or, chez certains animaux, les femelles en général, se dessinaient, dès le début de l'examen, d'énergiques mouvements péristaltiques de l'estomac et de l'intestin ; chez d'autres, des mâles le plus souvent, l'immobilité digestive était complète, et les mouvements n'apparaissaient qu'après un délai d'une heure ou deux. Il aurait pu sembler, au premier abord, que, chez les femelles, la motricité digestive est plus régulière que chez le mâle ; en réalité, la différence observée ne tient pas au sexe, mais à l'émotivité différente des animaux : l'inhibition des mouvements digestifs s'observait chez les animaux qui, prenant mal leur parti d'une immobilisation forcée, commençaient par entrer dans une violente colère et se débattaient pour tenter de se dégager ; c'étaient, en général, des mâles, d'un tempérament plus combattif. Les mouvements étaient visibles, dès le début de l'examen, chez les animaux qui acceptaient docilement la contention, ce qui était



le cas le plus fréquent chez les femelles. Une mère chatte rendue furieuse d'être séparée de ses petits présentait la même inhibition digestive que le plus irascible des mâles. L'arrêt des mouvements de l'estomac et de l'intestin est donc bien conditionné par l'existence d'une réaction émotive et non par la différence de sexe.

Il existe donc, à côté du jeu externe, un jeu viscéral de l'émotion. Il y a, en outre, des modifications de la composition chimique du sang, en particulier une élévation du taux du glucose sanguin, taux qui, normalement voisin de 1‰, peut atteindre 1,5 à 2‰; du sucre apparaît alors dans les urines.

### Le rôle du système nerveux sympathique et des surrénales

Ces réactions, externes et profondes, sont commandées par le système nerveux, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'une décharge d'adrénaline par les capsules surrénales (1).

En expérimentant sur des chats chez lesquels on a préalablement enlevé les surrénales ou, plus exactement, leur partie médullaire (la seule qui sécrète de l'adrénaline), on observe encore, sous l'influence de l'émotion, mais à un moindre degré, l'accélération du cœur, l'élévation de la tension artérielle, l'horripilation, la sudation, la dilatation des pupilles, car l'excitation des nerfs sympathiques peut, à elle seule, provoquer ces différents effets.

En opérant, par contre, sur des chats préalablement privés de système sympathique et de médullo-surrénales, les effets de l'émotion ne s'observent pas. Ainsi, les réactions émotives du chat effrayé sont sous la dépendance de

(1) Les capsules surrénales sont des glandes endocrines formées de deux parties: la corticale et la médullaire; ce sont des nerfs sympathiques, les nerfs splanchniques, qui régissent la sécrétion de l'adrénaline déversée dans le sang par la médullo-surrénale.

l'activité du système nerveux sympathique, agissant soit directement sur les organes intéressés, soit par l'intermédiaire du « relais endocrinien » formé par les surrénales.

On a pu mettre en évidence la décharge d'adrénaline provoquée chez l'animal par l'émotion, et cela surtout par des moyens de détection biologiques (l'adrénaline se trouve, en effet, dans le sang, à des concentrations trop faibles pour pouvoir être décelée par les procédés chimiques). Un des moyens les plus sensibles consiste à prélever chez le chat effrayé quelques centimètres cubes de sang et à les ajouter au bain de liquide où se trouve un segment d'intestin isolé, maintenu en survie (1): à des concentrations extrêmement faibles, l'adrénaline arrête les mouvements de l'intestin.

L'adrénaline déversée dans le sang accélère le cœur, contracte les vaisseaux superficiels, contracte les muscles horripilateurs, dilate les pupilles, excite les glandes sudoripares (chez le chat), inhibe les mouvements du tube digestif; elle vient donc ajouter ses effets à ceux qu'exercent directement sur ces organes leurs nerfs sympathiques. De plus, elle accélère l'hydrolyse du glycogène hépatique (2), provoquant ainsi l'élévation du taux du glucose sanguin; elle exerce une action défatigante sur les muscles qui travaillent (effet Orbeli).

Il est à remarquer que, si l'adrénaline, aux très faibles concentrations où elle se trouve déversée dans l'organisme, élève la pression artérielle en contractant les petites artères, elle agit sur la circulation beaucoup plus en modi-

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

(2) Le glycogène est la forme de réserve principale des hydrates de carbone dans l'organisme, il est surtout abondant dans le foie et, par hydrolyse, donne du glucose. La formation de glucose aux dépens du glycogène est contrôlée par le système nerveux et les glandes endocrines, hypophyse et surrénales en particulier.

flant la répartition du sang que comme substance hypertensive. Les différents territoires vasculaires sont, en effet, très inégalement sensibles à son action : les vaisseaux cutanés le sont beaucoup, ceux des organes profonds beaucoup moins, ainsi que ceux des muscles en activité ; les vaisseaux qui irriguent le cœur, les poumons et le cerveau, réagissent très peu à son action. La décharge d'adrénaline aboutit donc à dériver vers les organes profonds : muscles, cœur et cerveau, la plus grande partie du sang qui circule normalement dans le revêtement cutané.

Nous verrons combien les réactions provoquées par l'émotion influencent la performance que peut fournir l'organisme.

### Les centres nerveux de commande

Quelle est la partie des centres nerveux qui met en jeu le mécanisme sympathique et surrénal, responsable des réactions affectives ? C'est encore l'expérimentation sur le chat qui a permis de répondre à la question.

Opérant sur le chat endormi à l'éther, Cannon est parvenu à interrompre les connexions nerveuses qui unissent l'écorce cérébrale à la base du cerveau, à pratiquer ce qu'on appelle une « décortication », par une technique particulièrement rapide et élégante. Un stylet est introduit dans la cavité crânienne, par l'angle interne de l'orbite et, par un mouvement de bascule, il sectionne les voies nerveuses, allant de l'écorce du cerveau à la région de la base. L'animal, ainsi opéré des deux côtés, reste, lorsque l'anesthésie s'est dissipée, insensible et inconscient (l'écorce cérébrale est en effet le siège de l'activité et de la sensibilité conscientes). Il présente alors des accès qui miment exactement la fureur, arquant le dos, hérissant ses poils, battant l'air de sa queue, sifflant, sortant griffes et dents. Cet « état pseudo-affectif » ou « sham rage » (1) s'accompagne de toutes les modifications viscérales et biochimiques que nous avons vues provoquées par l'émotion. On a donc reproduit expérimentalement tout le jeu émotif externe et profond, par une intervention qui interrompt les connexions nerveuses entre l'écorce du cerveau et la base.

L'interprétation de ce résultat est la suivante : d'une façon assez générale, les parties hautes du système nerveux central exercent une action de contrôle sur les portions plus bas situées ; la décortication, telle qu'elle a été réalisée chez le chat, permet à la région de la base du cerveau, libérée du contrôle de l'écorce, de manifester sans entrave son activité, et rend ainsi plus visible le rôle qu'elle joue dans l'expression des émotions. Il revient à Bard d'avoir montré que, dans la région basilaire du cerveau, c'est plus spécialement l'hypothalamus, qui est situé au-dessous des couches optiques, qui représente le centre de commande des réactions émotives. On a précisé, par la suite,

que l'excitation d'une partie limitée de l'hypothalamus provoque la mise en jeu globale de tout le système sympathique, qu'en stimulant un autre point on provoque le halètement caractéristique de l'animal effrayé et une sudation abondante. On a également localisé dans l'hypothalamus une zone très circonscrite, dont l'excitation provoque cette réaction si caractéristique de la satisfaction chez le chat : le ronronnement. Il est donc bien établi que l'hypothalamus est le centre de commande des réactions affectives des types les plus divers.

### La performance de l'organisme

D'une façon très générale, les réactions, provoquées par l'émotion, chez le chat, augmentent la performance que peut fournir son organisme.

Les modifications respiratoires et circulatoires assurent aux muscles en activité un débit sanguin accru, au cœur et au cerveau un apport

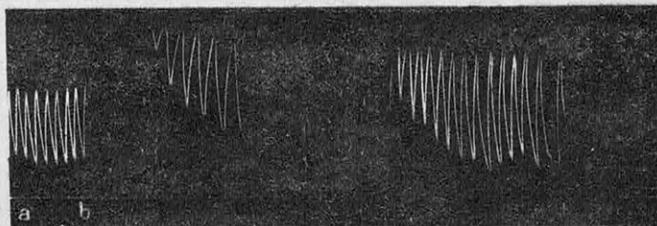


FIG. 2. — ENREGISTREMENT METTANT EN ÉVIDENCE LES DÉCHARGES D'ADRÉNALINE DANS LE SANG

Cette courbe a été obtenue à l'aide de l'appareil de la figure 1. Le muscle intestinal inscrit ses battements réguliers lorsqu'il est plongé dans le liquide physiologique inerte. Ce dernier est retiré en a et remplacé en b par le sang prélevé sur un chat effrayé. On assiste alors à une brusque contraction qui se maintient quelques minutes avec des oscillations irrégulières, à laquelle fait suite une détente complète. La brusque contraction est un phénomène qui se produit une fois pour toutes lorsque l'intestin se trouve plongé pour la première fois dans du sang ; elle ne se répète plus par la suite. Le relâchement est dû à la présence d'adrénaline dans le sang. En effet, si on retire ce sang en c pour lui substituer en d du sang provenant du même chat non effrayé, l'intestin reprend ses contractions régulières. Si on recommence l'opération, évacuation du sang « calme » en e, application du sang « effrayé » en f, on assiste à un nouveau relâchement du muscle. Dans ces expériences, le chat était effrayé par des aboiements pendant quinze minutes et accusait les symptômes classiques : dilatation des pupilles, hérissement des poils, etc. (d'après Cannon).

plus abondant d'oxygène et de glucose, l'aliment énergétique par excellence ; nous avons vu que l'adrénaline agissait en diminuant la fatigabilité des muscles. L'animal est donc capable de fournir un plus grand effort musculaire, et ses centres nerveux de lancer des ordres plus fréquents et plus coordonnés ; on sait, en effet, combien les cellules nerveuses sont exigeantes, et combien leur fonctionnement dépend d'un apport convenable d'oxygène et d'éléments nutritifs, de glucose en particulier.

L'accélération respiratoire, le halètement, ne permet pas seulement une oxygénation plus intense, elle s'associe à la sudation, pour provoquer, par évaporation d'eau, une déperdition importante de chaleur ; ainsi se trouve évacuée la chaleur de déchet résultant d'une activité musculaire accrue.

Les réactions provoquées par l'émotion chez le chat sont exactement celles que l'on observe après un exercice musculaire intense et que l'on considère comme un processus d'adaptation, permettant la continuation de l'exercice dans

(1) Sham rage signifie à peu près « rage pour la frime ».

des conditions beaucoup plus favorables que celles du repos. Ainsi, la peur et la colère réalisent une adaptation anticipée à un effort violent et placent l'animal dans les meilleures conditions pour la fuite ou pour le combat.

On vérifie, d'ailleurs, qu'un animal privé de système sympathique et de médullo-surrénales, se comportant de façon parfaitement normale dans les conditions d'existence du repos, se trouve nettement désavantagé s'il est contraint à la fuite ou au combat.

L'émotion, si elle favorise la mise en jeu du maximum d'énergie, épuise par cela même les réserves de l'organisme; ainsi s'expliquent la fatigue qui lui succède et le besoin impérieux de sommeil, au cours duquel prédominent, au contraire, les processus de stockage.

Si, chez le chat, animal chasseur et combattif, l'émotion apparaît comme un remarquable perfectionnement, aboutissant à faire jouer, de façon préventive, les processus d'adaptation, cette constatation n'est pas valable au même degré chez toutes les espèces. Chez le lapin ou chez le cheval, par exemple, la frayeur s'accompagne le plus souvent d'une diminution de la coordination motrice, qui fait perdre aux mouvements de leur sûreté et de leur efficacité; chez d'autres animaux, la frayeur provoque un effet d'inhibition générale, qui les cloue sur place et leur ôte tout moyen de lutte ou de fuite: c'est le cas de l'oiseau fasciné devant le danger. Suivant les espèces, l'émotion représente donc une adaptation plus ou moins élevée, et l'on peut parler, dans certains cas, de « ratés de l'instinct »; mais on ignore à peu près tout des raisons qui conditionnent ces différences de comportement.

Peut-être les expériences antérieurement vécues par l'animal jouent-elles un rôle, modelant le type de son jeu émotif, comme sembleraient l'indiquer certaines constatations faites chez les animaux vivant en société. On a observé, en effet, que, dans un groupe de souris, par exemple, il existe une hiérarchie des individus: les uns ( $\alpha$ ) ayant toujours le dessus lorsqu'ils se battent avec leurs congénères, d'autres ( $\omega$ )

ayant toujours le dessous, les individus intermédiaires dans la hiérarchie sociale se classant suivant le pourcentage de victoires et de défaites, pourcentage qui reste sensiblement constant chez le même sujet. Or une hiérarchie aussi manifeste s'observe entre des individus ne présentant aucune différence de poids et de vigueur physique; elle doit donc provenir, pour une part tout au moins, d'une adaptation plus ou moins satisfaisante des réactions émotives provoquées par le combat.

Il est possible, par un dressage minutieux, de modifier la place d'un individu dans la hiérarchie sociale de son groupe, de « conditionner » un individu  $\alpha$  en  $\omega$  et inversement. En plaçant un individu de rang social élevé dans des conditions d'infériorité artificielles qui lui valent des défaites répétées, on finit par le faire rétrograder de façon durable dans la hiérarchie, par le faire passer du rang  $\alpha$  au rang  $\omega$ ; l'inverse est également possible, bien qu'expérimentalement beaucoup plus difficile, et l'on peut conditionner un  $\omega$  en  $\alpha$ . Il semble donc que le succès modifie le type des réactions dans un sens favorable à de nouveaux succès et les défaites dans un sens qui tend à de nouvelles défaites. On connaît, d'ailleurs, dans le système nerveux, de nombreux exemples où la répétition d'un même type de réponse aboutit à la faciliter, mais c'est à peine si l'on commence à entrevoir le mécanisme de cette facilitation par répétition. On a donc des raisons de penser que le type des réactions émotives n'est pas invariablement fixé, mais qu'il présente une certaine plasticité.

### La biologie de l'émotion chez l'homme

Les réactions émotives de l'homme n'ont rien qui les distingue fondamentalement de celles que l'on observe chez l'animal. On retrouve chez lui le même jeu externe, rendu plus visible par la peau glabre, qui pâlit sous l'effet de la vasoconstriction périphérique; le même jeu viscéral, avec ses manifestations cardiovasculaires et digestives; le même jeu biochimique, comme l'indiquent l'hyperglycémie (1) et la glycosurie (2) émotives.

De même, chez l'homme, l'hypothalamus joue un rôle prépondérant dans les manifestations de la vie affective, comme ont pu le constater les neurochirurgiens, au cours d'opérations sur la base du cerveau pratiquées sous anesthésie locale: suivant la région de l'hypothalamus qu'elles intéressent, des manœuvres opératoires peuvent provoquer les réactions affectives les plus variées, allant de la mélancolie profonde à l'euphorie la plus caractérisée, accompagnée de séries de calembours et des explosions de la plus grande gaieté.

Les physiologistes et les psychiatres s'accordent à reconnaître la prédominance de l'écorce cérébrale dans les manifestations conscientes de la vie mentale, celle de l'hypothalamus dans l'aspect affectif du psychisme.

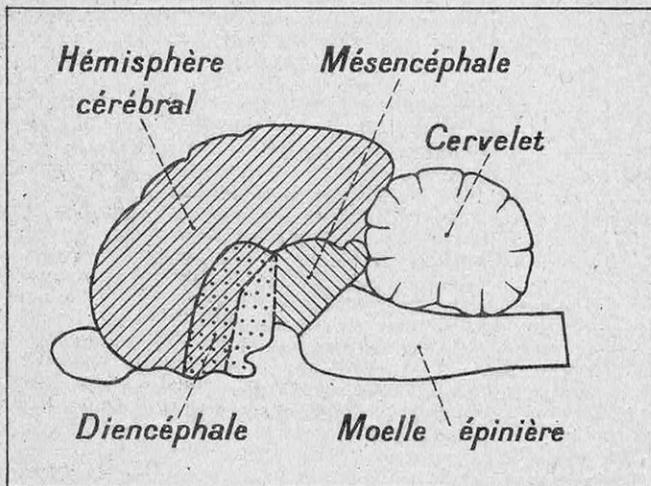


FIG. 3. — COUPE D'UN CERVEAU DE CHAT

Les parties hachurées de droite à gauche sont celles qu'il est possible de supprimer chez un chat sans faire disparaître les manifestations extérieures de la colère. L'hypothalamus est compris dans le diencéphale.

(1) Hyperglycémie: augmentation de la teneur en sucre du sang.

(2) Glycosurie: présence de sucre dans l'urine.

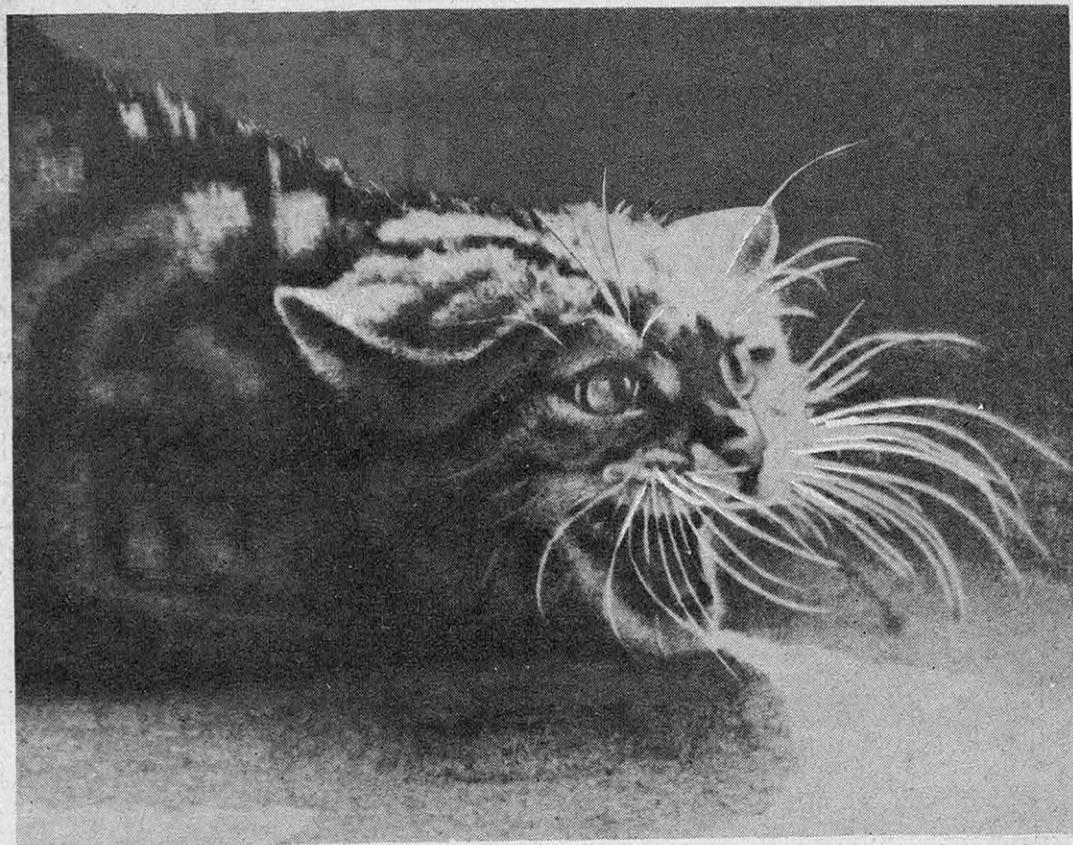


FIG. 4. — HÉRISSEMENT DES POILS, RESPIRATION HALETANTE, DILATATION DES PUPILLES, CE CHAT SAUVAGE MANIFESTE TOUS LES SYMPTÔMES EXTÉRIEURS DE LA COLÈRE (PHOTO LE CHARLES)

Le type des réactions émotives varie d'ailleurs beaucoup, comme chacun sait, suivant les individus. Chez les uns, l'accroissement de l'activité du système sympathique et des surrénales augmente les moyens physiques et intellectuels. D'autres, à l'opposé, sont inhibés par l'émotion, qui réduit toutes leurs possibilités et va même jusqu'à diminuer leur conscience, au point de leur faire perdre connaissance. On sait bien, d'ailleurs, que l'hypothalamus règle le degré de conscience entre les deux extrêmes que sont la veille et le sommeil, et, ici encore, les constatations des neurochirurgiens confirment les résultats de l'expérimentation animale, l'irritation de certains points de l'hypothalamus provoquant une somnolence invincible, celle d'autres régions l'insomnie.

Le degré d'inhibition émotive le plus prononcé se trouve atteint dans l'effroi, où le relâchement musculaire est tel que tous les traits du visage s'abaissent, que les yeux restent fixes, leurs muscles moteurs ayant perdu toute tension, la bouche reste ouverte, du fait du relâchement des muscles masticateurs. Des artistes comme Léonard de Vinci et des médecins comme Duchenne de Boulogne ont admi-

nablement décrit cette mimique de l'effroi, qui offre le contraste le plus saisissant avec le masque contracté de la colère.

Chez l'homme comme chez l'animal, les réactions émotives ne sont pas, pour un individu donné, des réponses stéréotypées. Les expériences antérieurement vécues modifient l'émotivité, le danger surmonté de façon répétée finit par atténuer les manifestations de la crainte; l'entraînement de la volonté augmente l'efficacité du contrôle conscient qu'exerce l'écorce cérébrale sur les manifestations affectives à siège hypothalamique.

On peut supposer qu'au cours de l'évolution de l'espèce, l'activité consciente du cortex cérébral représente le type le plus achevé de la vie mentale, reléguant de plus en plus en sous-ordre l'activité émotive des régions de la base du cerveau, forme plus primitive du psychisme.

S'il en était ainsi, il faudrait admettre que le développement psychologique normal de l'homme tend à réduire constamment l'importance de sa vie affective, au profit de ses facultés conscientes.

D. BARGETON

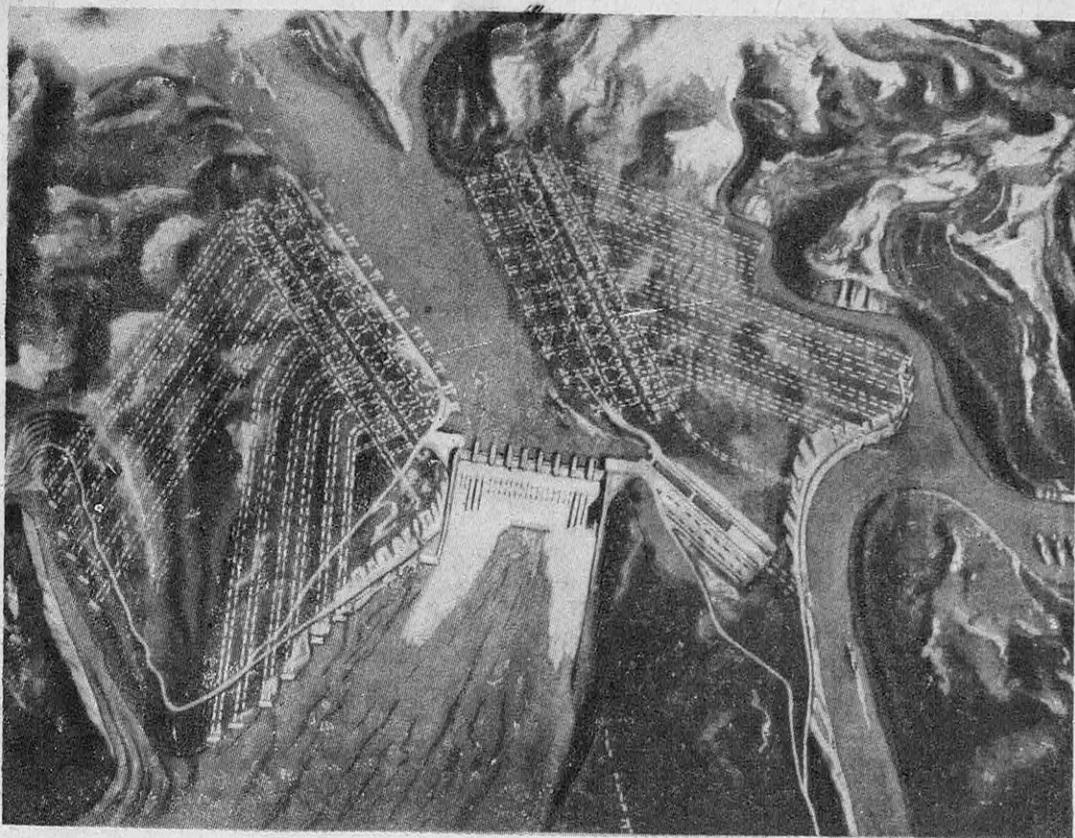


FIG. 1. — DISPOSITION GÉNÉRALE DU BARRAGE SUR LE YANGTSÉ

*Sur chaque rive ont été prévues douze prises d'eau alimentant quarante-huit génératrices de 108 000 kW, logées dans des chambres creusées dans le roc. On aperçoit sur la rive gauche, à côté du barrage, l'écluse de navigation.*

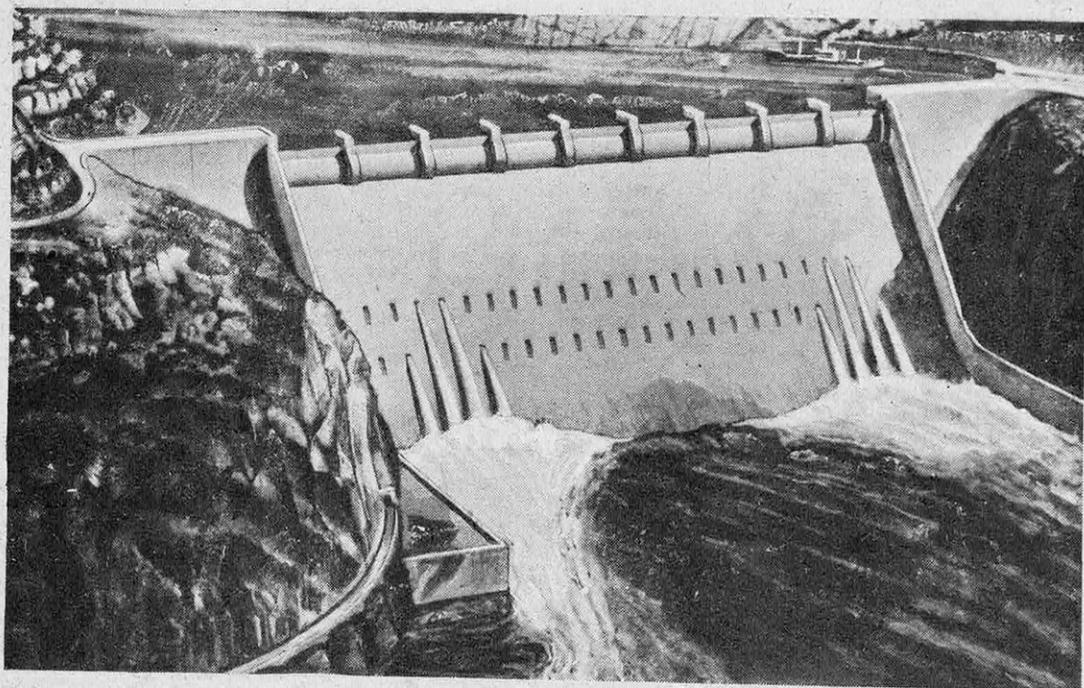


FIG. 2. — LE BARRAGE D'ICHANG VU DE L'AVAL

*On remarque les cinquante-deux orifices des tunnels, les neuf vannes à secteur de la crête du barrage pour l'écoulement des crues.*

# LA CHINE VA ÉDIFIER LE PLUS GRAND BARRAGE DU MONDE

par Jacques BRÉDAT

Comme tous les grands pays éprouvés par la guerre, la Chine a entrepris une immense tâche de reconstruction et de modernisation de son équipement industriel et agricole. Une série de plans quinquennaux et plusieurs grands projets de longue haleine ont été élaborés. Le plus grandiose de ces plans est connu sous l'abréviation « Y. V. A. », ou Administration de la vallée du Yangtsé, par analogie avec le « T. V. A. » ou Tennessee Valley Authority, cette immense entreprise de mise en valeur de l'ensemble d'un bassin fluvial aux États-Unis (1). C'est également de la mise en valeur d'un vaste territoire qu'il s'agit en Chine, bien que le problème se présente d'une manière différente. Elle est fondée, elle aussi, sur le développement de la production d'énergie électrique, dont la pièce maîtresse doit être, à la sortie des gorges du Yangtsé, un colossal barrage, qui provoquera la formation d'un lac artificiel de 400 km de long, fournira plus de 10 millions de kilowatts, irriguera 25 millions d'hectares, mais coûtera plus de 1 milliard de dollars et exigera une vingtaine d'années pour sa construction.

**L**E Yangtsé, quatrième fleuve du monde (2), a inspiré aux ingénieurs américains le plus gigantesque projet d'aménagement fluvial conçu jusqu'à ce jour. C'est en effet l'United States Bureau of Reclamation

(organisme comparable à certains égards à notre service des Ponts et Chaussées et chargé des améliorations agricoles) qui, pour le compte

(1) Voir « La T. V. A. ou la démocratie économique, chef-d'œuvre de Franklin-Delano Roosevelt » (*Science et Vie*, n° 333, juin 1945).

(2) Les plus grands fleuves du monde sont, pour la longueur, : le Nil-Kagera (6 500 km), le Mississipi-Missouri (6 300 km), l'Amazone (5 300 km) et le

Yangtsé (5 200 km), que suivent de très près l'Ob et l'Énisséï ; pour l'étendue du bassin, c'est l'Amazone qui vient en tête avec 7,05 millions de kilomètres carrés, puis le Congo (3,69), le Mississipi-Missouri (3,25), le Río de la Plata (3,10), l'Ob (2,94), le Nil (2,80), l'Énisséï (2,59), la Léna (2,38), le Niger (2,09), l'Amour (2,05) et enfin le Yangtsé (1,77 millions de kilomètres carrés).

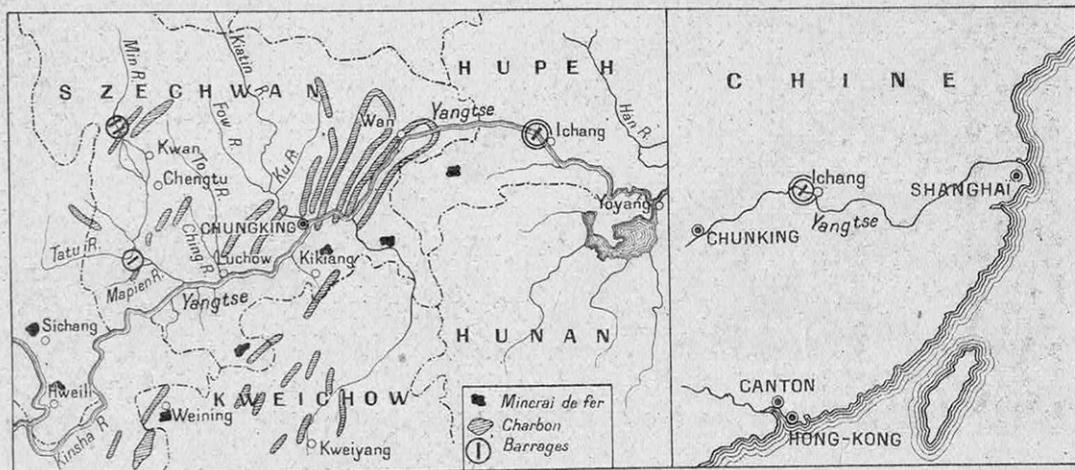


FIG. 3. — CARTE DU YANGTSÉ SUPÉRIEUR INDICANT LES EMPLACEMENTS DES BARRAGES PRÉVUS ET DE QUELQUES-UNES DES RESSOURCES MINÉRALES DE LA RÉGION

de la Commission des Ressources nationales de Chine, en a dressé les plans, sous la direction de son ingénieur en chef, W. R. Young. Mais ils sont, en réalité, dans leur conception générale, l'œuvre d'un ingénieur, célèbre outre-Atlantique, J. L. Savage, à qui les États-Unis doivent les projets de soixante barrages, dont ceux du Boulder Dam, sur le Colorado, et de Grand-Coulée sur le Columbia, les deux plus remarquables réalisations américaines en matière de barrages. On jugera de l'importance des nouveaux ouvrages, sans entrer dans le détail des chiffres les concernant, en considérant que le coût des seuls travaux d'étude a été fixé à 500 000 dollars (60 millions de francs), et que la réalisation de l'ensemble du projet doit coûter en gros 1 milliard de dollars (120 milliards de francs). Il s'agit d'élever un barrage, d'aménager une centrale hydroélectrique et d'édifier les ouvrages de navigation correspondants.

### Le barrage

Le principal élément du projet est le barrage, qui fermera les gorges de Hsiling, au voisinage du fort de Shihmen, en amont d'Ichang, au moment où le Yangtsé va pénétrer dans la plaine centrale de Chine. Il doit avoir 225 m de haut, soit 7 m de plus que le Boulder Dam, et exigera 12 millions de mètres cubes de béton, 50 % de plus que le barrage de Grand-Coulée.

Il créera en amont un lac artificiel de 422 km de long, d'une capacité de 60 milliards de mètres cubes, alors que le lac Mead, au-dessus du Boulder Dam, n'en contient que 37 milliards. Là viendront s'amortir les crues du fleuve jusqu'ici régulièrement dévastatrices, et s'alimenter les réseaux d'irrigation qui doivent couvrir 4 millions d'hectares.

Le trop-plein sera évacué par neuf vannes à secteur de 40 m de long et 16 m de haut, semblables à celles de Grand-Coulée. En outre, le barrage est traversé par cinquante-deux conduites de 2,50 m de diamètre, munies de dispositifs spéciaux pour retenir ou évacuer les matières d'origine diverse entraînées par le fleuve. La dissipation de l'énergie de l'eau franchissant le déversoir exigera un long éperon en béton pour éviter les affouillements au pied du barrage.

Pour la construction du barrage, il a été prévu vingt tunnels de diversion de l'eau du fleuve, percés à travers le roc, par moitié sur chaque rive. Ils doivent avoir 17 m de diamètre. Quatre de ces tunnels ont suffi pour détourner le Colorado lors de la construction du Boulder Dam. C'est dans ces tunnels, et dans quatre autres creusés par la suite, que seront logées les conduites amenant l'eau aux turbines de l'usine.

Il a été prévu au total quatre-vingt-seize turbines, devant entraîner chacune un alternateur de 108 000 kW, logées dans des chambres creusées

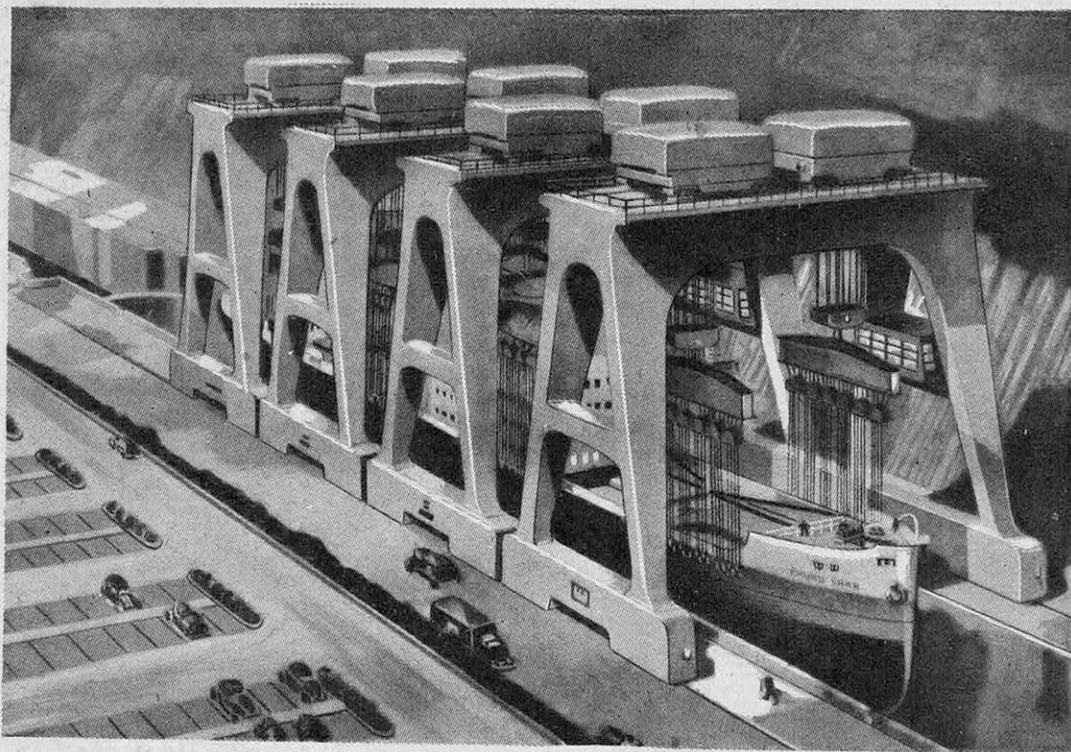


FIG. 4. — UN AUDACIEUX PROJET : UN VAPEUR DE 10 000 T SOULÉVÉ PAR DES PORTIQUES MOBILES SUR DES RAILS

Le navire descendant le fleuve pénètre dans le bassin de gauche, au niveau supérieur de retenue du barrage. Des câbles d'acier sont fixés à sa coque qui est soulevée par les treuils des portiques; ceux-ci se déplacent de quelque 100 m, et le navire est ainsi amené à l'aplomb d'un gigantesque puits de 220 m de profondeur au fond duquel débouche le canal sous tunnel, au niveau du cours inférieur du fleuve. Les câbles se déroulent et posent le navire au fond du puits.

dans le roc des parois de la gorge. La puissance totale ainsi installée atteindra 10 368 000 kW, soit cinq fois la capacité combinée des centrales du Boulder Dam et de Grand-Coulée (2 353 800 kW au total) (1).

La moitié de cette puissance servira à l'électrification d'un territoire de 800 km de rayon, où est rassemblée une population de 200 millions d'âmes.

L'autre moitié sera utilisée pour la production d'engrais chimiques, qui atteindrait ainsi plusieurs millions de tonnes par an. Une fois couverts les besoins de la Chine entière, il resterait encore une grande marge disponible pour l'exportation dans tout l'Extrême-Orient.

Ainsi, le premier bénéficiaire du projet serait l'agriculture, à qui seraient fournis d'une part l'engrais, d'autre part l'eau pour l'irrigation des terres, soit par gravité, soit par pompage. Le second bénéficiaire serait l'industrie, grosse industrie chimique pratiquant l'électrolyse et l'électrometallurgie, petites industries diverses, tant dans les villes que dans les campagnes, grâce à la possibilité d'emploi de moteurs électriques de toutes puissances.

Il convient de remarquer que la centrale et le barrage d'Ichang sont loin d'être les seuls réalisables dans cette province de Chine. Bien d'autres emplacements convenables peuvent être choisis en amont d'Ichang. Trois centrales importantes, en particulier, pourraient être établies : l'une sur le cours supérieur du Yangtsé, le Kinsha ; l'autre sur la rivière Min, à 16 km au-dessus de Kwanhsien, capable de développer 820 000 kW ; la troisième entre les rivières Tatu et Mapien qui coulent parallèlement à des altitudes différentes, où l'on obtiendrait 2 000 000 kW.

### Ascenseur ou écluse ?

Le plus révolutionnaire peut-être de tous les éléments extraordinaires rassemblés au barrage d'Ichang concerne les ouvrages destinés à permettre à la navigation fluviale de franchir le barrage. Deux projets sont en compétition, dont l'élément commun est un canal courant sous un tunnel, long de 240 m, haut de 60 m et suffisamment large pour que des navires de 10 000 t puissent l'emprunter. Ce tunnel, partant d'un bras latéral du fleuve, en aval du barrage, donc au niveau inférieur, aboutira au fond d'un puits, dont la profondeur de 225 m correspondra à la hauteur du barrage. Le problème est

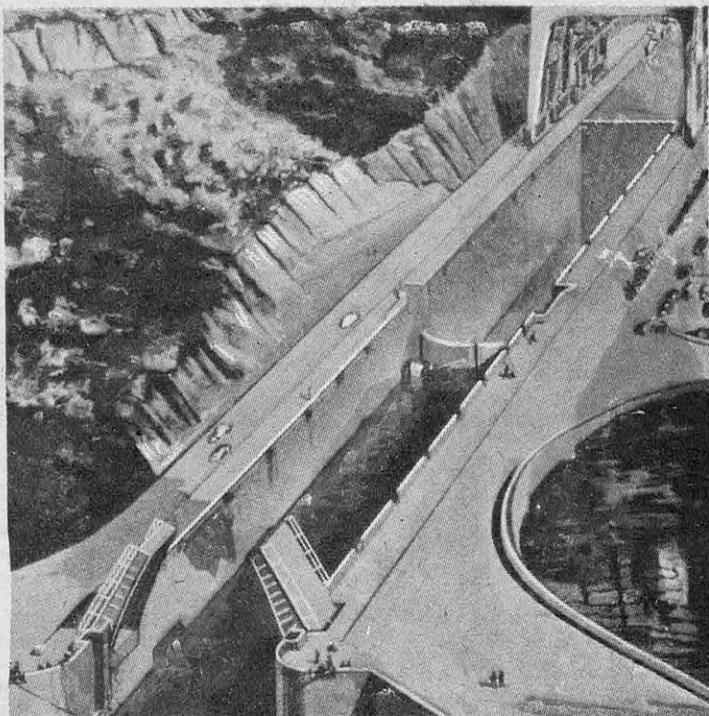


FIG. 5. — PROJET D'ÉCLUSE POUR LE FRANCHISSEMENT DU GRAND BARRAGE PAR LA NAVIGATION DU YANGTSÉ

On voit, de gauche à droite, l'entrée du bassin supérieur pour les navires en provenance du Yangtsé supérieur, bassin fermé par des portes classiques. Derrière elles se trouve l'orifice du puits profond de 220 m, au fond duquel se trouve le bassin inférieur communiquant par un tunnel avec le fleuve inférieur. Pour l'éclusage, l'orifice du tunnel doit être fermé par des portes hautes de 60 m, et le puits rempli d'eau au même niveau que le premier bassin ; les navires peuvent alors passer librement du bassin au puits ou inversement. Dans le fond apparaissent les portiques portant les câbles d'accrochage des navires pour la descente ou la montée de ces derniers suivant la technique exposée figure 4.

d'extraire les navires du fond du puits pour les faire accéder au bassin supérieur, au niveau de retenue du barrage. Deux solutions ont été imaginées.

Dans un premier projet, on doit utiliser ce puits comme un sas d'écluse, en obturant l'orifice d'accès du tunnel, au fond du puits, par des portes d'écluse de 60 m de haut, capables de supporter la pression correspondant à la différence des niveaux d'eau inférieur et supérieur de 225 m, et en remplissant d'eau le puits. Les navires seraient ainsi amenés hydrauliquement au niveau supérieur et il suffirait d'ouvrir les portes du bassin voisin pour les y faire pénétrer. La manœuvre inverse s'effectuerait à la descente du fleuve.

Un second projet prévoit une série de portiques roulants portant des treuils dont les câbles d'acier déroulés seraient accrochés directement à la coque des navires au fond du puits et les soulèveraient hors de l'eau du canal pour les amener, comme ferait un ascenseur, jusqu'au niveau supérieur. Ces portiques se déplaceraient alors d'un mouvement d'ensemble jusqu'au dessus du bassin voisin, où ils remet-

(1) La centrale de Génissiat, en France, sur le Rhône, développera, quand elle sera terminée, 260 000 kW.

traient le navire à flot. A la descente du fleuve, les opérations s'exécuteraient dans l'ordre inverse. Si cette deuxième solution était adoptée, les navires destinés à naviguer sur le Yangtsé devraient être spécialement construits, avec une carène renforcée longitudinalement et transversalement afin de lui permettre de résister aux efforts anormaux développés lorsque la coque en charge est soulevée hors de l'eau par les treuils, et munie des moyens d'attache appropriés pour les câbles d'acier.

Quant aux jonques et aux sampans, toujours nombreux sur toutes les voies d'eau chinoises, ils seraient rassemblés en nombre suffisant dans un grand réservoir métallique et soulevés tous ensemble par les treuils, un peu comme dans un panier à salade.

Actuellement, les navires de tonnage important, 10 000 t, qui remontent le Yangtsé ne peuvent dépasser Nankin, à 320 km seulement de Shanghai. A partir de ce point, des vapeurs à faible tirant d'eau et chargeant seulement 300 t remontent le fleuve jusqu'à Choungking, pendant la période des hautes eaux. Lors des basses eaux, les rapides le leur interdisent. Il faut alors recourir aux jonques et chalands halés.

La régularisation générale du fleuve et l'élévation du niveau du Yangtsé due au barrage autorisera son accès en toute saison par les navires de fort tonnage qui, toute l'année, pourront accéder à Choungking, à 2 240 km de Shanghai.

### Le Szechwan, centre géographique de la Chine nouvelle

Le Szechwan, province où doit se construire le nouveau barrage, tire son nom des quatre grandes rivières qui le traversent. Il est arrosé, en réalité, par un réseau très dense de rivières de plus ou moins grande importance, dont plus de cent dix sont accessibles aux jonques en bois. Certaines, il est vrai, ne sont navigables que pendant quelques mois, mais doivent pouvoir être

corrigées. Une série de vingt et une écluses, par exemple, dont certaines sont déjà terminées, doivent faire de la rivière Ki une voie de première importance au sud-ouest de Choungking pour le transport du charbon et du fer. L'eau est le principal moyen de transport dans la Chine centrale et occidentale, et le Szechwan, de ce point de vue, apparaît favorisé.

Le Szechwan possède également d'importants gisements de charbon. La Tien Fu Mining Corporation extrayait pendant la guerre 400 000 t par an, 40 % de la production totale de guerre. De puissants gisements de fer ont été découverts sur la rive gauche du Yangtsé supérieur. Ils sont accompagnés de charbon se prêtant à la fabrication du coke, de sorte que tous les éléments se trouvent réunis là pour la création d'un centre sidérurgique important.

Cette province est cependant avant tout agricole. Elle réunit plus de 2,5 millions d'hectares de terre à riz, dont 10 % sont irrigués actuellement par un réseau de canaux dont la création remonte à deux mille ans. La récolte de riz par hectare est double dans les terres irriguées de celle des terres non irriguées, avec souvent une ou deux récoltes supplémentaires par an de céréales ou de fèves. L'amélioration de l'irrigation permettrait de porter la production totale au niveau supérieur et d'atteindre un total de 600 millions de boisseaux, tout en assurant une production beaucoup plus régulière d'une année à l'autre.

Dans le Szechwan, on peut dire que chaque pouce de terrain est cultivé et c'est par l'extension de l'irrigation, l'usage généralisé des engrais et l'amélioration des méthodes culturales que l'augmentation de la production pourra être obtenue. L'expérience a montré que les rendements peuvent être accrus de 20 à 40 % pour le riz, de 20 à 50 % pour le coton, de 10 à 20 % pour le blé. C'est donc bien l'agriculture qui sera la première bénéficiaire des grands travaux du Yangtsé.

Jacques BRÉDAT

Des ingénieurs norvégiens et anglais étudient actuellement les possibilités de réalisation d'un câble sous-marin qui traverserait la partie septentrionale de la mer du Nord, des côtes de l'Écosse à Bergen, soit 600 km environ, et transporterait en Grande Bretagne une part importante de la production norvégienne d'énergie électrique. On sait que la Norvège est étonnamment riche en houille blanche, ces ressources étant d'ailleurs exploitées seulement dans la proportion de 16 % avec une production annuelle de l'ordre de 12 milliards de kWh. Au contraire, en Grande-Bretagne, le problème de l'énergie se pose d'une manière aiguë depuis la guerre et, fait paradoxal dans un pays qui passe traditionnellement pour celui du charbon, l'extraction est actuellement tout à fait insuffisante pour satisfaire les besoins normaux, et les perspectives d'amélioration sont peu encourageantes. Il est symptomatique de noter qu'un grand nombre de locomotives anglaises sont en cours de transformation pour la chauffe au mazout. La politique énergétique anglaise s'oriente vers l'importation massive d'énergie afin de soulager l'extraction charbonnière. On sait l'intérêt qui s'attacherait à la création d'une liaison directe avec cet énorme château d'eau de l'Europe qu'est la péninsule scandinave, liaison qui, dans l'état actuel de la technique des transports d'énergie électrique à très grande distance, apparaît parfaitement réalisable.

# LA PÉNICILLINE

par Jean VERCIN

La chimiothérapie, c'est-à-dire la lutte contre les maladies infectieuses au moyen de composés chimiques de synthèse, a pris son essor en 1904, lors de la découverte faite en Allemagne de l'action du trypanorouge dans la trypanosomiase de la souris. A partir de cette date, les recherches, auxquelles a contribué pour une large part l'Institut Pasteur de Paris, ont abouti à la découverte du traitement de la syphilis par les arséno-benzènes (1907) et par les sels de bismuth (1921). En 1935 s'est ouvert un nouveau chapitre de la chimiothérapie, celui de la sulfamidothérapie, par la découverte de l'activité antibactérienne du paraminophénylsulfamide, corps dénommé 1162 F. Depuis le début de la dernière guerre, les sulfamides, fabriquées à l'échelle industrielle, sont devenues d'un emploi courant. Parallèlement, durant ces quarante dernières années, des travaux épars avaient fait ressortir que certains microorganismes : bactéries, moisissures et levures, pouvaient donner naissance à des corps germicides d'une grande puissance, parfois susceptibles d'être utilisés comme agents thérapeutiques. La pénicilline est une de ces substances d'une remarquable activité. Elle inaugure une série de corps nouveaux appelés parfois antibiotiques, en raison de leur action contre certains organismes inférieurs. La production de la pénicilline, entreprise sur une grande échelle pendant la guerre aux États-Unis, a permis de sauver d'innombrables vies humaines, malgré le faible rendement des premiers procédés mis en œuvre (culture du *Penicillium* en surface) qui empêcha la généralisation rapide du traitement. Aujourd'hui, l'emploi de nouvelles méthodes à haut rendement (culture en profondeur) a mis la pénicilline à la portée du grand public. Demain peut-être, la transposition sur le plan industriel de la synthèse, d'ores et déjà réalisée au laboratoire, en augmentera la diffusion en abaissant son prix de revient, en même temps qu'elle accroîtra l'efficacité des traitements par la fabrication sélective des variétés les plus actives parmi les diverses catégories des pénicillines obtenues dans les cultures naturelles, et même en créant des types nouveaux spécifiquement actifs contre les divers agents pathogènes.

## La découverte de la pénicilline

La pénicilline fut découverte par le professeur Sir Alexander Fleming dans son laboratoire du service de l'inoculation à l'hôpital Sainte-Marie de Londres (1). En étudiant les microbes des voies respiratoires, et en particulier les divers aspects de races de staphylocoques cultivées sur plaques de gélose nutritive, il remarqua que les colonies de staphylocoques devenaient transparentes et disparaissaient (lyse) autour de points de contamination provenant des poussières de l'air ambiant. Il observa aux points de contamination la formation de masses sporulantes s'étendant rapidement, prenant diverses colorations (verte, jaune, rouge) et créant autour d'elles une zone dans laquelle les staphylocoques ne se développaient plus. Fleming étudia alors les cultures de ces moisissures et constata que le milieu de culture avait acquis des propriétés bactéricides marquées envers certains microbes (streptocoques, pneumocoques, staphylocoques, gonocoques, etc.), Fleming identifia tout d'abord la moisissure avec le *Penicillium rubrum*; plus tard, il fut reconnu qu'il s'agissait du *Penicillium notatum*. Mais, cependant, Fleming employait déjà le terme de « pénicilline » pour désigner le résultat de la filtration, ou filtrat, des

cultures de *Penicillium* qu'il avait étudiées, le nom de *Penicillium* venant de la forme en pinces que prennent les assemblages de spores (corpuscules reproducteurs) des champignons de cette famille (fig. 1).

Il est remarquable que, dès 1929, Fleming ait pensé à l'emploi de la pénicilline au traitement des blessures par application locale et à son emploi en injection comme agent antibactérien.

Néanmoins, les suggestions de Fleming restèrent dans l'oubli pendant dix ans. Entre temps, toutefois, on procéda à l'identification du *Penicillium* et à des essais de concentration et d'extraction de la pénicilline (Raistrick, 1932).

Mais ce ne fut vraiment qu'en 1939 que l'école d'Oxford décida de reprendre sérieusement l'étude de la pénicilline. On procéda alors à des essais *in vivo* sur des souris (Florey et Chain) et, en 1941, aux premiers essais cliniques sur l'homme dans des cas désespérés d'infections staphylococciques. En raison des résultats encourageants obtenus, on envisagea alors de passer à la réalisation semi-industrielle de la production de pénicilline, ce qui n'était guère possible en Angleterre du fait des circonstances de guerre.

À l'instigation du Dr O'Brien, l'Institut Rockefeller pour la recherche médicale s'intéressa alors à cette réalisation; le professeur Florey se rendit aux États-Unis où il fit apprécier l'importance d'une production massive d'un remède puissant susceptible d'être utilisé à la

(1) Voir « La découverte de la pénicilline » (*Science et Vie*, n° 330, mars 1945).

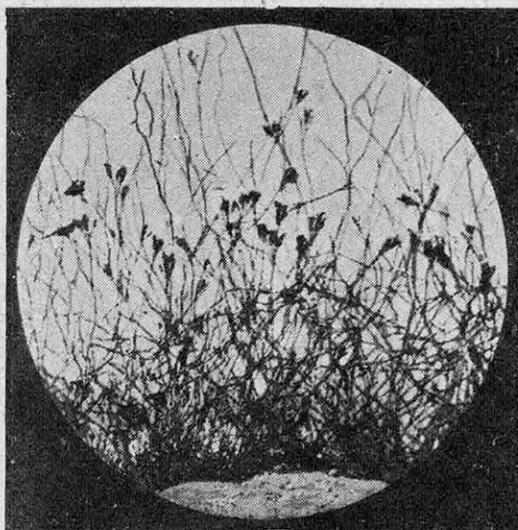


FIG. 1. — VUE AU MICROSCOPE DU « PENICILLIUM » CULTIVÉ SUR AGAR-AGAR

Sur cette vue, grossie 60 fois, on voit la forme en pincesaux que prennent les assemblages de spores, qui a fait attribuer le nom de penicillium à cette famille de moisissures (Abbott Lab.).

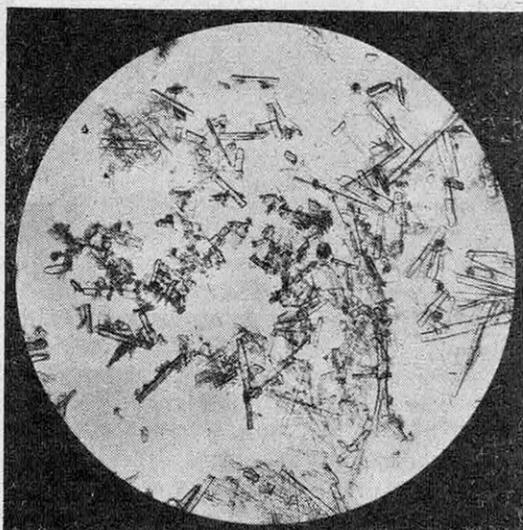


FIG. 2. — VUE AU MICROSCOPE DE CRISTAUX DE PÉNICILLINE G

Cette microphotographie représente, grossis 50 fois environ, des cristaux de pénicilline G obtenue à l'état pur dans les laboratoires de la Société des Usines chimiques Rhône-Poulenc.

prévention de l'infection et au traitement des blessures de guerre. Dès les premiers mois de 1943, la production avait atteint plusieurs centaines de millions d'unités et le Conseil de production de guerre projetait la création de dix-huit usines de pénicillium aux États-Unis et trois au Canada, ce qui comportait l'ouverture d'un crédit de 20 millions de dollars.

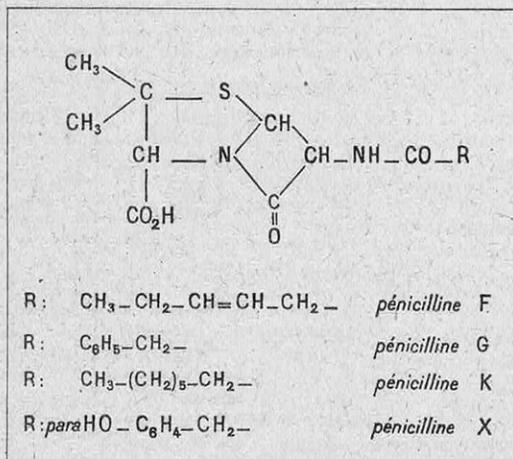


FIG. 3. — LES FORMULES DÉVELOPPÉES DE LA PÉNICILLINE

Les pénicillines connues peuvent se ramener à la formule ci-dessus, dans laquelle le radical R est à remplacer par l'un des radicaux indiqués en bas du schéma; l'atome d'hydrogène de la terminaison acide  $-\text{CO}_2\text{H}$  est à remplacer par un atome de sodium ou un demi-atome de calcium.

### Ce qu'est la pénicilline

La pénicilline commerciale est constituée, outre un pourcentage très inconstant d'impuretés inactives, par un mélange en proportions variables de diverses pénicillines de constitutions chimiques voisines, se présentant sous forme d'une poudre dont la couleur varie du blanc ou jaune clair au rouge brun, hygroscopique, cette propriété lui faisant perdre rapidement à l'air son activité. Elle est très soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone, les acétates d'éthyle et d'amyle, peu soluble dans le chloroforme, la benzine, l'éther.

Actuellement les quatre pénicillines les plus importantes, dénommées F, G, X et K aux États-Unis et I, II, III et IV en Angleterre, ont été identifiées chimiquement et leur constitution est connue. Ce sont les sels de calcium ou de sodium d'un acide dont la formule peut être représentée par le schéma de la figure 3, formule dans laquelle la lettre R désigne soit un radical pentényl (pénicilline F ou I), soit un radical benzyl (pénicilline G ou II), soit un radical parahydroxybenzyl (pénicilline X ou III), soit enfin un radical heptyl (pénicilline K ou IV).

Il a été possible, par des procédés assez compliqués, d'isoler ces diverses pénicillines à l'état pur (fig. 2) et l'on s'est aperçu alors qu'elles n'étaient pas douées de la même activité antibiotique.

Ne connaissant pas de dosage chimique de « la » pénicilline, on avait d'abord mesuré son activité biologique en unités Oxford (U. O.), cette unité correspondant à la plus petite quantité qui, après dissolution dans 50 cm<sup>3</sup> d'extrait de viande peptoné, inhibe complètement la croissance d'une culture de staphylocoques dorés (fig. 4). On a ensuite préféré définir l'unité standard par l'activité d'une quantité fixée de préparation standard de pénicilline sèche, le produit étalon

étant conservé par le *Medical Research Council* à Londres.

Mais cette définition n'est plus satisfaisante depuis que, préparant la pénicilline par des procédés différents, on aboutit à des produits contenant en proportions variables les diverses pénicillines. C'est ainsi que l'activité antibiotique de la pénicilline G pure, pour le staphylocoque doré (par définition) est de 1 667 unités par milligramme tandis que les activités des pénicillines F, X et K sont respectivement de 1 550, 900 et 2 300 au mg. Mais ces rapports d'activités ne sont pas constants pour les différents germes : par exemple les activités comparées *in vitro* de la pénicilline X et de la pénicilline G sont, à poids égal, de 55/100 pour le staphylocoque doré, 140/100 pour le streptocoque hémolytique et 50/100 pour le spirochète pâle. D'autre part, on s'est aperçu que l'activité *in vivo*, soit chez l'animal au cours des infections expérimentales de laboratoire, soit chez l'homme, n'était nullement parallèle avec ce qui avait été trouvé *in vitro*. En particulier la pénicilline K, très active *in vitro*, est beaucoup moins *in vivo* et même semble être presque totalement inactive dans la syphilis. Ainsi qu'on l'a démontré, cela est très probablement dû au fait que cette pénicilline, contrairement à ses congénères, qui sont rapidement éliminées, mais non détruites par les organismes humains ou animaux, est très rapidement inactivée dans les mêmes circonstances, et c'est à une teneur relativement élevée en pénicilline K que l'on attribue l'activité moindre constatée sur des produits de fabrication récente.

**Fabrication de la pénicilline**

Toutes les méthodes de fabrication actuelles comportent trois phrases :

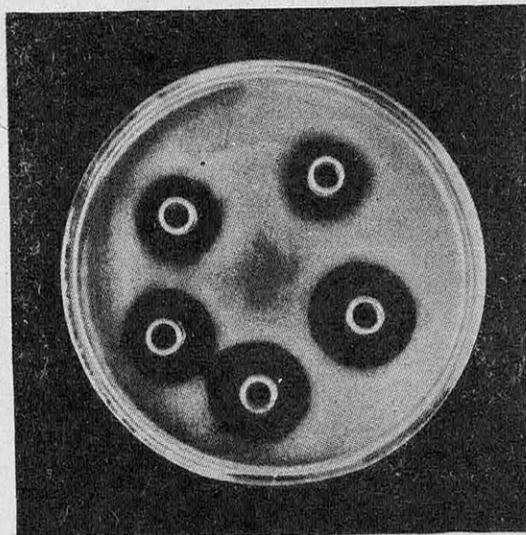


FIG. 4. — TEST DE PUISSANCE D'UNE PÉNICILLINE

La pénicilline est dosée par comparaison des diamètres des zones circulaires de lyse produites sur une culture de staphylocoques sur agar-agar, obtenues avec des échantillons de la solution à titrer et avec des échantillons de solutions de titre connu (Abbott Lab.).

- 1° La culture biologique ;
- 2° L'extraction chimique de la pénicilline ;
- 3° Le conditionnement en vue de la délivrance, par quantités dosées, aux utilisateurs (hôpitaux, pharmaciens, etc.) (fig. 5).

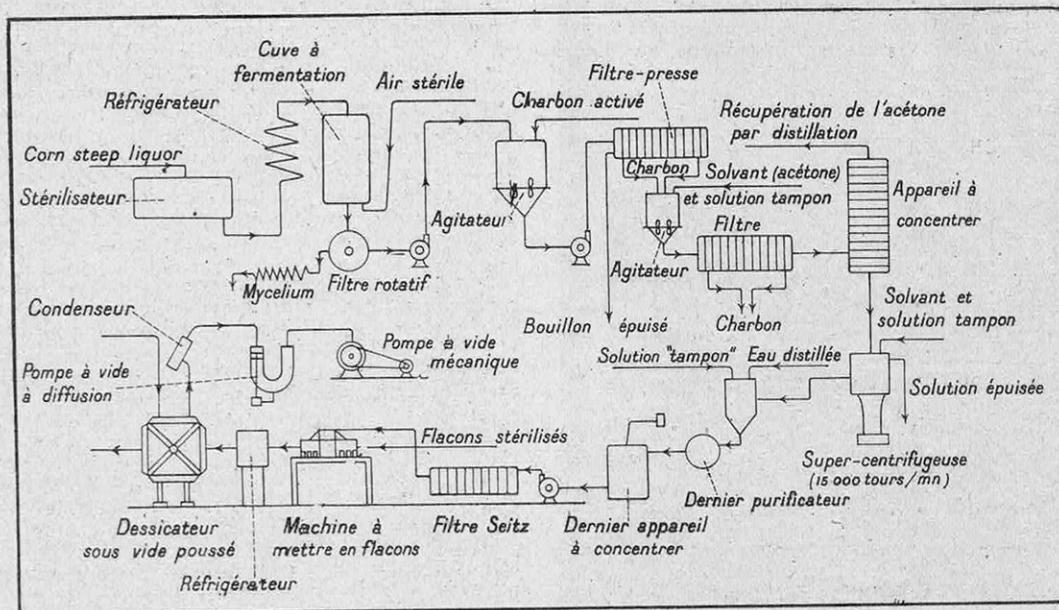


FIG. 5. — LE CYCLE DE LA FABRICATION DE LA PÉNICILLINE A L'USINE DE SPEKE (LIVERPOOL)

Cette usine, construite en 1944-1945, a commencé à produire au début de l'année 1946. Ses cuves de fermentation, d'une capacité de 45 000 l chacune, permettent d'ensemencer chaque semaine pour la culture en profondeur 900 000 l de bouillon stérile.

### La culture biologique

Cette première phase est la plus délicate d'exécution. Sans vouloir entrer ici dans le détail de la fabrication, qu'il suffise de donner un bref aperçu des différents stades de la culture biologique.

La première difficulté réside dans le choix de la souche de départ. Le genre *Penicillium*, comme le genre *Aspergillus*, appartient à un groupe de champignons très difficiles à classer, car ils ne présentent que peu de caractères morphologiques spécifiques. On a pu décrire, rien que pour le *Penicillium notatum*, plusieurs centaines de races d'origines très diverses. On les distingue, en dehors de leur aptitude à produire l'antibiotique, par la forme des chapelets de spores, par certains caractères kystiques, par leurs divers produits de sécrétion dans le milieu de culture lorsqu'on modifie légèrement la composition de ce dernier. Certes, le *Penicillium notatum* peut se développer sur de nombreux végétaux et fruits (citrons pourris par exemple) sur le pain, le fromage de Roquefort, etc. Malgré cette grande diversité d'origines, il est curieux de constater que peu de souches se sont révélées



FIG. 6. — TOURS DE PURIFICATION DE L'AIR DESTINÉ AUX CUVES DE FERMENTATION EN PROFONDEUR, AUX USINES DE SPEKE (GRANDE-BRETAGNE)

aussi bonnes pour la production de la pénicilline que les descendantes de la culture rencontrée accidentellement par Fleming lorsqu'il fit sa découverte. Mais il a fallu procéder à de laborieuses sélections pour créer des souches encore meilleures tant du point de vue du rendement que de la qualité du produit. Ces sélections s'obtiennent, après que l'on a choisi une souche type privilégiée, soit par application d'agents physiques, soit par des modifications progressives du milieu de culture. Les souches sont soigneusement cataloguées et conservées. La première fut classée à Londres sous le n° 4222; c'est cette souche 4222 qui fut la première utilisée en France par le D<sup>r</sup> Nitti à l'Institut Pasteur et par les laboratoires de la Société Rhône-Poulenc, dès 1943, et dans le plus grand secret, pendant l'occupation allemande. Il serait très imprudent de partir de moisissures prises sur des fruits, du pain ou autres produits naturels, en dépit de leur ressemblance avec le *Penicillium notatum*, car, parmi ces moisissures verdâtres, beaucoup sécrèteraient des produits peut-être bactéricides, mais toxiques pour l'homme. La souche cataloguée utilisée au départ est une culture monospore, stockée dans des conditions de conservation variables suivant les industries, soit sur du sérum sanguin ou du lait, soit dans un sol (terreau fertile riche en matières organiques), soit sur gélose.

Les spores ainsi conservées sont employées à inoculer un milieu de sporulation pour lequel diverses compositions ont été adoptées en vue d'obtenir la formation la plus considérable de spores; le plus connu est le milieu gélosé de Czapek-Dox, à base de glycérine, mélasse, peptoné, phosphate monopotassique, sulfates de magnésie, de fer et de cuivre. L'incubation a lieu vers 25-27° C, les spores produites en grand nombre étant mises dans de l'eau distillée stérile et utilisées pour inoculer les bouteilles ou cuves de production.

On passe alors à la culture proprement dite du champignon. Le principe de la culture biologique consiste à cultiver le *Penicillium notatum* sur un milieu liquide très nutritif qui stimule la croissance rapide des spores. On utilise assez couramment aux États-Unis, comme milieu de culture, un liquide à base de *corn steep liquor*, c'est-à-dire de liqueur de trempage dans une eau sulfureuse de grains de maïs, liqueur qui est un sous-produit de l'industrie de l'amidon de maïs (1).

Les plus grandes précautions doivent être prises pour la préparation du milieu de culture. Des traces d'impuretés, métalliques ou organiques, même infinitésimales, peuvent inhiber l'évolution de la culture ou modifier le métabolisme du champignon en diminuant le rendement en pénicilline. Dans les conditions de fabrication actuelle à l'échelle industrielle des sels utilisés, on comprend les difficultés inhérentes à la production massive de la drogue. Le *corn steep* en particulier est rarement obtenu identique à lui-même et doit être très surveillé.

Le *Penicillium* étant un organisme aérobic (2),

(1) Ce milieu a la composition suivante (pour 1 l d'eau): lactose (ou, à défaut, amidon): 30 g; — NO<sub>3</sub>Na: 3 g; — PO<sub>4</sub>KH: 2,5 g; — SO<sub>4</sub>Mg, 7H<sub>2</sub>O: 0,25 g; — SO<sub>4</sub>Zn, 6H<sub>2</sub>O: 0,02 g; — liqueur de maïs: 80 cm<sup>3</sup>.

(2) Un organisme *aérobic* est un organisme qui ne peut se développer qu'au contact de l'air; au contraire, un organisme *anaérobic* peut s'en passer et vivre dans le sein d'un liquide.

la culture devra se faire à la surface du liquide ou tout au moins en présence d'un apport convenable d'oxygène. En France, on a surtout utilisé jusqu'à présent des bouteilles plates appelées boîtes de Roux, de façon à avoir une faible épaisseur de liquide, lequel, au fur et à mesure que les moisissures se développent à la surface, s'enrichit en pénicilline dissoute. L'opération dure en moyenne huit jours. L'inconvénient de ce procédé dit de « culture en surface » est de nécessiter un très grand nombre de bouteilles, d'où beaucoup d'encombrement et beaucoup de main-d'œuvre. On se rendra compte de la quantité de verrerie nécessaire par l'exemple suivant : une usine étrangère utilisait, en 1944, 800 bouteilles de 200 cm<sup>3</sup> pour fabriquer 10 g de pénicilline, quantité représentant seulement une cure de ce médicament. Il faut donc environ 10 000 bouteilles pour produire 100 millions d'unités Oxford par mois.

La nécessité d'intensifier la production pour permettre de traiter un grand nombre de malades et blessés de guerre a donc conduit à employer des procédés à rendement beaucoup plus élevé. Les Américains ont mis au point à cet effet les procédés dits de « cultures en profondeur », dans lesquels les souches sont cultivées en immersion au sein d'un liquide aéré par un courant d'air soigneusement filtré et stérilisé (fig. 6), pour permettre à l'organisme aérobique de vivre, le gaz carbonique produit par sa « respiration » étant évacué par l'air injecté. Il faut utiliser pour cela les souches de *Penicillium notatum* les plus aptes à se développer en état d'immersion. On obtient ainsi en cinq à six jours un liquide contenant quarante à cinquante fois plus de pénicilline que dans le procédé de culture en surface. Si l'on considère qu'on utilise couramment des cuves de fermentation de 30 à 40 m<sup>3</sup> et atteignant même quelquefois 70 m<sup>3</sup>, on conçoit qu'on soit arrivé à réaliser des usines produisant jusqu'à 100 milliards d'unités de pénicilline par mois.

Mais le procédé en profondeur présente l'inconvénient de donner aux accidents de fabrication un retentissement plus considérable que dans le procédé en surface puisqu'ils affectent toute une cuve au lieu de quelques bouteilles. C'est qu'en effet la culture du *Penicillium* est pleine d'embûches ; il faut opérer à une température voisine de 24° C, dans des conditions de pH (1) bien définies (utilisation de solutions « tampons ») et, ce qui est plus délicat, en milieu maintenu stérile. Beaucoup d'autres espèces de moisissures ou de bactéries sont en effet capables de produire en un point une enzyme, la *pénicillase*, qui détruit rapidement de proche en proche toute la pénicilline.

Le milieu, dont le pH est ajusté aux environs de 5, est stérilisé à 120° C pendant trente minutes dans des cuves autoclaves en acier inoxydable, car le *corn steep liquor* peut apporter des bacilles susceptibles de contaminer les cultures. Les mêmes précautions sont à prendre vis-à-vis des bouteilles qui sont passées à l'autoclave après nettoyage (fig. 8), ou vis-à-vis des cuves de fermentation qui sont pourvues d'une double paroi à circulation de vapeur sous pression.

(1) Le pH d'une solution, fonction de sa concentration en ions H (hydrogène), définit son alcalinité ou son acidité : une solution neutre a un pH égal à 7, une solution acide un pH inférieur à 7, une solution alcaline un pH supérieur à 7.

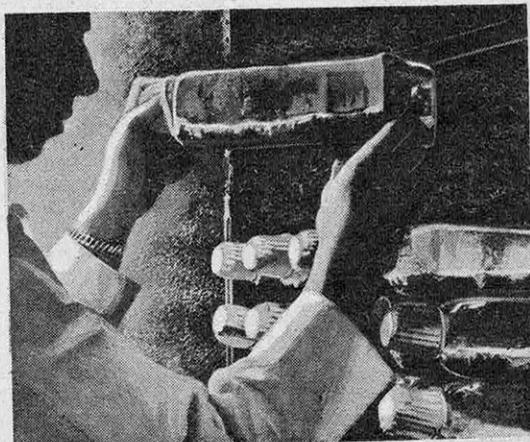


FIG. 7. — L'EXAMEN D'UNE CULTURE DE « *PENICILLIUM NOTATUM* » AU BOUT DE SEPT JOURS D'INCUBATION

Il s'agit ici de la culture en surface sur boîtes de Roux. L'épaisseur et la couleur bleu verdâtre de la couche feutrée et un peu ridée du mycelium sont l'indice d'une bonne culture (Abbott Lab.).

D'ailleurs les précautions les plus grandes sont à prendre lors de l'ensemencement. L'opération est faite dans des salles à atmosphère stérile. Les spores collectées et mises sous forme d'émulsion dans l'eau vont ainsi être apportées au milieu de culture et servir de semence, ou, comme on dit dans le langage technique des fermentations, de « pied de cuve ». Quelques centimètres cubes de cette suspension de spores suffisent pour ensemencer quelques milliers de bouteilles. On utilise pour cette opération une sorte de pistolet à peindre, muni d'une tuyère aplatie et d'un filtre à air, et préalablement passé à l'autoclave.

Les bouteilles sont disposées dans des casiers de façon à permettre à l'air de leur arriver librement, ces casiers étant placés dans des étuves à température maintenue à peu près constante (entre 22°5 et 24°5 C) et dont l'atmosphère est renouvelée d'une façon continue après avoir été filtrée et débarrassée du gaz carbonique produit. Pour la culture en profondeur, de l'eau circule dans les doubles parois des cuves pour obtenir une température constante. Le *mycelium* du champignon doit couvrir la surface du liquide à la fin du deuxième jour. La sécrétion de la pénicilline est alors commencée. Au cours de cette phase, on procède à des contrôles de stérilité, pour éviter tout accident de contamination, et à des mesures de pH à l'aide d'appareils spéciaux à cellule photoélectrique permettant une lecture rapide. Le pH, acide au début (5 environ), baisse d'abord légèrement en raison de la formation d'acides par l'attaque du glucose par la moisissure ; puis celle-ci se nourrit des lactates et acides aminés avec production d'ammoniac et de gaz carbonique provenant de sa respiration, de sorte que le pH remonte. On doit arrêter l'incubation avant qu'il atteigne la valeur 8, au-dessus de laquelle la pénicilline se détruit. Si tout s'est bien passé, le *mycelium*, blanc au début, s'est développé sous forme de flocons prenant une couleur bleue, puis bleu verdâtre, tandis que le liquide jaunit (fig. 7).

On récolte le jus avec grand soin, en évitant le contact prolongé avec l'air, sur des filtres d'acier inoxydable et en exprimant à fond le *mycelium* du jus qu'il retient (fig. 9); le jus recueilli est ensuite clarifié à la centrifugeuse ou au filtre presse. Il convient alors d'éviter tout contact avec un métal galvanisé, car le zinc, autrement qu'en traces, inactive rapidement la pénicilline. D'autre part, il est recommandé de stocker dans un réservoir vitrifié, à une température de 0 à 4° C, pour éviter toute formation de pénicillase.

### L'extraction chimique de la pénicilline

Vient alors la phase d'extraction chimique qui, bien qu'assez complexe, est moins délicate que la préparation biologique. Le principe de l'extraction consiste à utiliser successivement des solvants organiques de la pénicilline et des solvants aqueux, en diminuant progressivement le volume des solvants, de façon à procéder simultanément à la concentration et à la purification du produit. Par des modifications du pH du milieu, on fait passer la pénicilline du solvant organique au solvant aqueux dans lequel elle se trouve à l'état de sel. Les solvants organiques utilisés sont: l'acétate d'amyle, l'acétate d'isopropyle, l'acétone, l'éther le chloroforme, etc (fig. 10 et 11). Par exemple, on ajustera le pH du jus aux environs de 2,5 avec une solution d'acide phosphorique, puis on ajoutera de l'acétate d'amyle pour la moitié environ du volume du jus. Après émulsification, on procède à une centrifugation très énergique. On extrait alors la pénicilline du solvant organique, l'acétate d'amyle, avec une solution de phosphate de soude de pH 6, on acidifie la solution aqueuse de sel sodique de pénicilline avec de l'acide phosphorique de pH 2,5, puis on extrait au chloroforme. Après clarification de

l'extrait chloroformique, on reprend l'extraction avec de l'eau glacée (25 cm<sup>3</sup> pour un million d'unités) grâce à une addition progressive de soude ou de bicarbonate de sodium, ou encore d'hydroxyde de calcium, jusqu'au pH 6; on agite vigoureusement et obtient ainsi une solution concentrée de pénicilline sodique ou calcique. On filtre cette solution sur filtre en verre fritté aseptique, en l'amenant à congélation avec un réfrigérant énergétique. L'excès d'eau est ensuite chassé à froid dans le vide et la dessiccation terminée dans le vide (pression inférieure à 1/1 000 de millimètre de mercure) à - 30° C (fig. 12).

Ces procédés d'extraction purement chimiques conduisent à l'emploi de quantités importantes de solvants. D'autres procédés permettant d'économiser les solvants ont été fondés sur la propriété que possède la pénicilline de pouvoir être adsorbée par certaines substances. Cette propriété avait été déjà utilisée par Abraham et Chain pour la purification de la pénicilline par la méthode dite « chromatographique », basée sur l'adsorption sélective du produit à purifier sur une colonne d'alumine.

On utilise également l'adsorption de la pénicilline sur les charbons activés et mélangés à du kieselguhr (1) en partant de jus de pH égal à 3. Après adsorption, on lave le charbon, que l'on sèche ensuite. Puis on enlève la pénicilline avec un solvant organique (chloroforme, alcool butylique, acétate d'amyle). La purification est ensuite poursuivie par les procédés classiques.

La pénicilline (sodique ou calcique) ainsi obtenue doit être soigneusement contrôlée au

(1) Le kieselguhr est une sorte de tripoli, variété de farine fossile siliceuse, remarquable par ses propriétés d'adsorption.

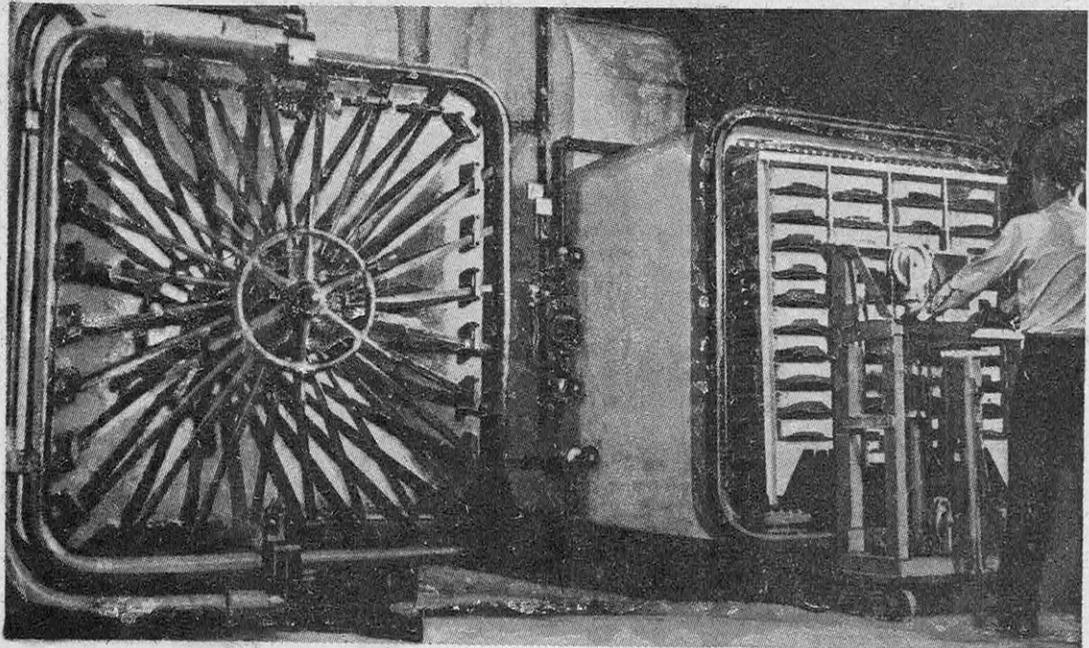


FIG. 8. — AUTOCLAVE POUR LA STÉRILISATION DES BOUTEILLES CONTENANT LA SOLUTION NUTRITIVE, AVANT L'ENSEMENCEMENT PAR LE « PENICILLIUM » (ABBOTT LAB.)

point de vue de l'activité, de la stérilité, de la toxicité (épreuve sur animaux) et de l'absence de produits pyrétogènes, cette dernière étant vérifiée sur le lapin auquel l'injection d'une dose de 1 000 unités ne doit pas donner une hyperthermie de plus de 1, 2° C.

### Conditionnement de la pénicilline

La pénicilline est alors conditionnée dans de petits flacons, fermés au moyen d'un bouchon étanche muni d'un opercule de caoutchouc. L'atmosphère à l'intérieur du flacon est constituée d'air stérile ou d'azote. Chaque flacon renferme généralement 100 000 ou 200 000 unités Oxford sous forme d'une poudre jaune claire ou même incolore suivant la pureté, ne contenant pas plus de 1 % d'humidité. Le séchage du flacon est essentiel avant le conditionnement, sinon la pénicilline ne se conserverait pas.

Ces opérations de conditionnement doivent être effectuées en atmosphère absolument stérile. Dans ce but, les salles réservées à ces opérations reçoivent un aménagement très particulier : elles sont remplies d'un air stérilisé, dont la température et l'humidité sont contrôlées, et qui est maintenu à une pression légèrement supérieure à la pression extérieure afin d'éviter toute rentrée d'air ; des projecteurs à rayons ultraviolets, dont les propriétés stérilisantes sont connues, fonctionnent en permanence, et les opérateurs, qui sont tenus de prendre les mêmes précautions que pour entrer dans une salle d'opérations chirurgicales, doivent porter un masque et des lunettes pour protéger leur peau et leurs yeux de ces rayons.

La pénicilline est injectée dans les flacons (de contenance 20 cm<sup>3</sup>) sous forme de solution salée (2 cm<sup>3</sup> par flacon) ; puis ceux-ci sont refroidis

à - 50° C ; la solution congelée est alors directement sublimée dans un vide élevé obtenu au moyen de pompes à diffusion.

La pénicilline doit être stockée à une température de 0 à 5° C, ce qui explique que seuls les pharmaciens possédant des frigidaires sont autorisés à délivrer ce médicament.

Les solutions ne seront faites qu'extemporanément, c'est-à-dire au moment de l'emploi ; le praticien perce le caoutchouc du bouchon avec sa seringue remplie d'une solution physiologique stérile qu'il injecte dans le flacon. Lorsque la pénicilline est en solution, l'opérateur prélève une quantité qui peut correspondre à 10 000, 15 000 ou 20 000 unités Oxford, les injections se faisant toutes les trois ou quatre heures. La solution dans le flacon se conserve pendant vingt-quatre heures.

### Les traitements par la pénicilline

Les doses à administrer sont très variables suivant les maladies ; en moyenne 100 000 unités Oxford pour une blennorrhagie par exemple, mais on peut atteindre dans certains cas le million d'unités.

La drogue étant éliminée rapidement par les reins, il convient de répéter les injections toutes les trois ou quatre heures afin d'obtenir dans l'organisme une concentration de pénicilline suffisamment élevée pour être bactéricide. Cette concentration résultant de l'équilibre entre le rythme des injections et celui de l'élimination, on conçoit l'importance primordiale pour l'efficacité de la cure de la répétition régulière des injections.

La pénicilline est administrée soit sous forme d'injections intraveineuses, soit, le plus souvent, sous forme d'injections intramusculaires, soit par applications locales. Toutefois la poudre de

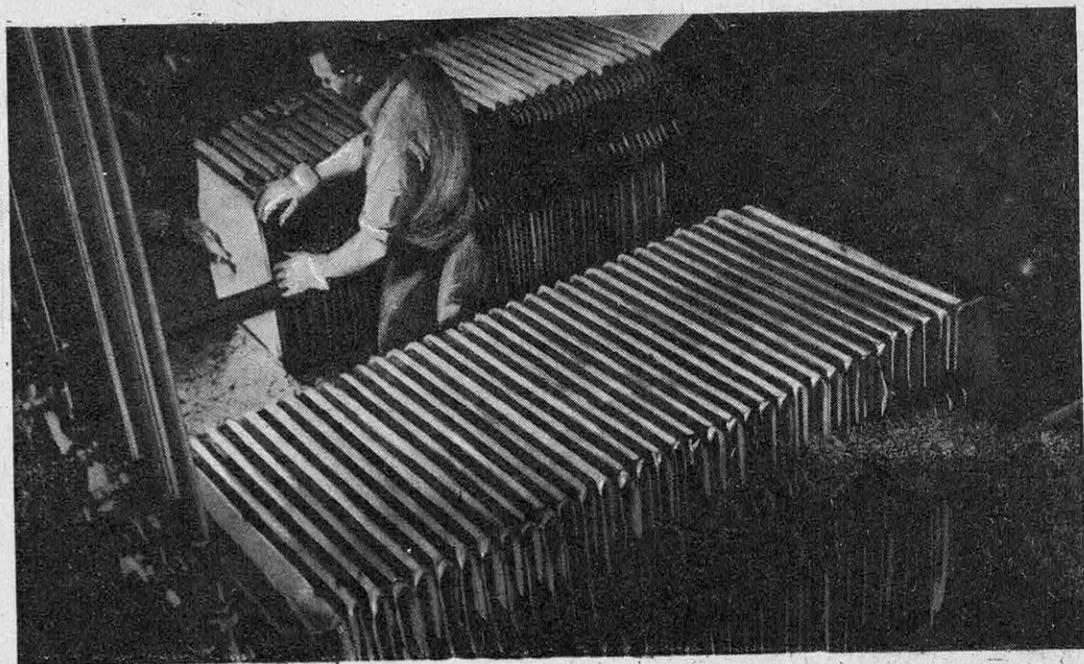


FIG. 9. — LES FILTRES-PRESSES SERVANT A LA CLARIFICATION DE LA PÉNICILLINE QU'IL FAUDRA ENSUITE PURIFIER CHIMIQUEMENT ET CONCENTRER (ABBOTT LAB.)

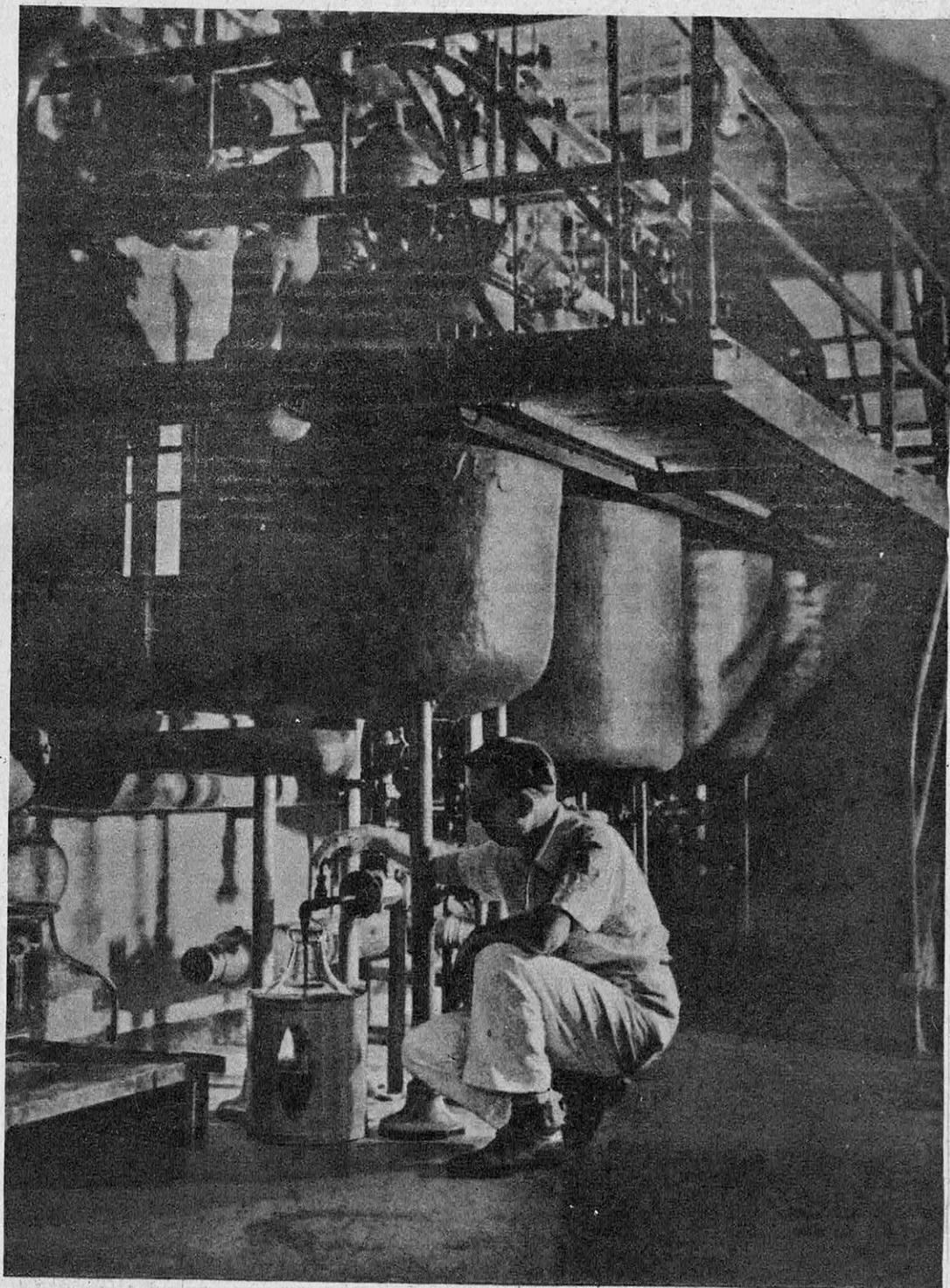


FIG. 10. — ÉTAGES FINAUX DE LA PURIFICATION ET DE LA CONCENTRATION DU SEL DE SODIUM DE L'ACIDE PÉNICILLIQUE: CETTE OPÉRATION DOIT ÊTRE EFFECTUÉE DANS DES RÉCIPIENTS VITRIFIÉS POUR ÉLIMINER TOUT RISQUE DE CONTAMINATION ET D'ALTÉRATION (ABBOTT LAB.)

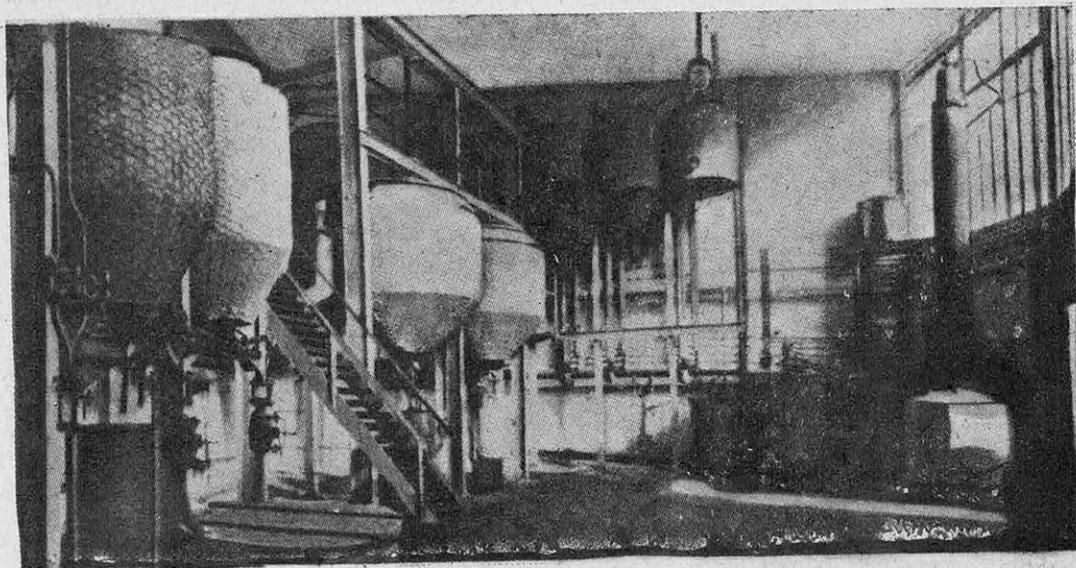


FIG. 11. — LES APPAREILS D'EXTRACTION CHIMIQUE DE LA PÉNICILLINE AUX USINES RHONE-POULENC

Dans ces appareils se fait l'extraction chimique (purification et concentration) de la pénicilline à partir du jus provenant des cuves de fermentation, par traitement successif par divers solvants (acétate d'amyle en particulier).

pénicilline sodique irrite les blessures et l'on doit dans ce cas préférer l'emploi de solutions assez étendues (200 à 300 unités au centimètre cube). Parfois la pénicilline est injectée localement dans l'espace touché, par exemple dans la cavité pleurale en cas d'épanchement pleural.

La pénicilline étant détruite par les sucs digestifs, on ne peut l'administrer par voie buccale. Aux États-Unis, on a mis cependant au point des capsules de pénicilline qui peuvent traverser l'estomac sans que le produit soit détruit par le suc gastrique. Il semble, d'autre part, qu'on se soit orienté vers la fabrication d'une pénicilline non plus amorphe, mais cristallisée qui serait beaucoup plus stable et ne nécessiterait pas la conservation en frigidaire. On a étudié également la possibilité de pratiquer des injections sous forme huileuse permettant une résorption lente et prolongée dans le temps destinée à éviter la répétition des injections.

La pénicilline permet souvent de venir à bout de maladies dans le traitement desquels les sulfamides ou autres médicaments ont échoué. En règle générale, elle est active contre les germes pathogènes dits *cocci* à Gram positif (1), et très rarement contre les *cocci* à Gram négatif.

La pénicilline n'est donc pas un médicament universel. C'est ainsi qu'elle est inactive dans le cas de typhoïde, de dysenterie, de tuberculose, de malaria, de cancer, etc. Il n'est même pas encore prouvé qu'elle guérisse définitivement tous les cas de syphilis ou de diphtérie. Par contre, elle a donné des résultats merveilleux

(1) Du nom du médecin danois qui a classé en deux groupes positif et négatif les bactéries suivant leur comportement vis-à-vis d'un certain réactif coloré utilisé par méthode de double coloration: les microbes qui gardent le premier colorant (violet) sont dits à Gram positif; ceux qui perdent au cours de la décoloration le premier colorant et prennent le second sont dits à Gram négatif.

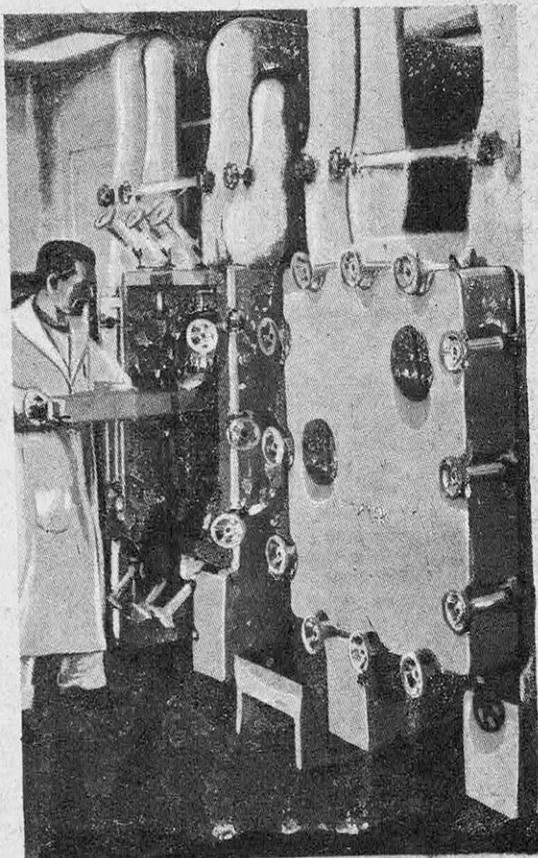


FIG. 12. — DESSICCATION FINALE DE LA PÉNICILLINE A BASSE TEMPÉRATURE ET SOUS VIDE POUSSÉ (MERCK)

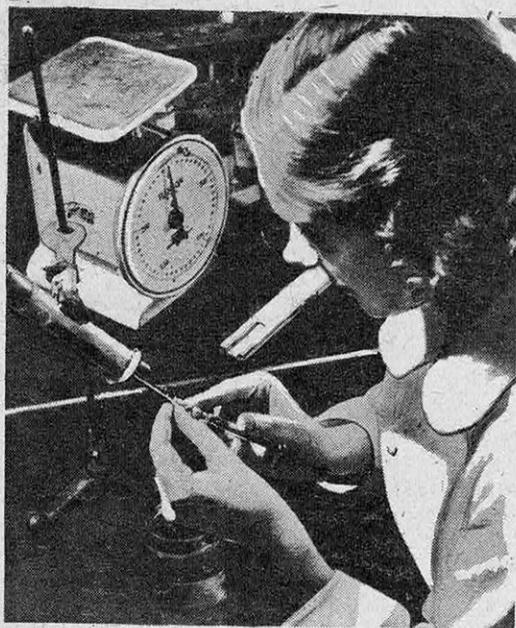


FIG. 13. — TEST DE TOXICITÉ DE LA PÉNICILLINE, PAR INJECTION INTRAVEINEUSE A UNE SOURIS (ABBOTT LAB.)

dans une quantité d'autres cas : infections staphylococciques ou streptococciques, abcès, furoncles, anthrax, phlegmons, ostéomyélites, méningites, pneumonies, endocardites, infections puerpérales, infections gonococciques même avec complications d'arthrite, péritonites, maladie du charbon, gangrène gazeuse, blessures de guerre infectées, brûlures, etc.

Le traitement à la pénicilline s'impose dans le cas de sulfamido-résistance. La pénicilline présente d'ailleurs de sérieux avantages sur les sulfamides qu'elle dépasse en puissance, particulièrement dans son action inhibitrice sur les streptocoques et staphylocoques ; son activité n'est pas entravée par les exsudats purulents ou produits de décomposition cellulaire. Elle est absolument dépourvue de toxicité, tout au moins si sa fabrication a été correcte, et peut être supportée par tous les organismes. La pénicilline s'élimine par l'urine sans dommage pour les reins ; on l'y retrouve intacte et ce fait a même été mis à profit en récupérant le précieux médicament dans les urines des malades traités.

Il ne faut toutefois pas mésestimer les sulfamides qui donnent quelquefois la guérison là où la pénicilline échoue ; il n'y a d'ailleurs pas d'incompatibilité entre les deux traitements.

### Perspectives d'avenir

En France, la pénicilliothérapie n'est qu'à ses débuts. Et cependant, dès la libération du territoire, un centre militaire de la pénicilline a été créé et, en dépit des difficultés matérielles, l'équipe militaire qui l'a constitué a réussi, avec l'aide des établissements Rhône-Poulenc et U. C. L. A. F. chargés de l'extraction chimique, à mettre à la disposition des armées françaises des quantités appréciables de la précieuse substance, quantités

auxquelles sont venus s'ajouter les apports fournis généreusement par les Américains.

Aujourd'hui la production à l'échelle industrielle de la pénicilline s'organise en France.

C'est en effet aux Etats-Unis que la première production sur une grande échelle a été réalisée. En 1943, la production américaine atteignit 20 milliards d'unités et actuellement elle dépasse 2000 milliards d'unités par mois. En même temps, le prix de ce médicament a considérablement baissé : le flacon de 100 000 Unités Oxford atteignait 20 dollars au début, et maintenant son prix avoisine 50 cents.

D'autres pays se sont également organisés en vue de la production de la pénicilline ou d'autres médicaments antibiotiques. L'Angleterre possède une vingtaine d'usines et sa production atteint 300 milliards d'unités par mois. La Russie a également des usines de production (Combinat Mikoyan à Moscou) et s'est particulièrement intéressée à la *gramicidine*, préparée il y a dix ans par le savant français Dubos, de l'Institut Rockefeller, en utilisant des cultures de *Bacillus brevis*, mais considérée comme toxique. Les savants soviétiques ont utilisé d'autres souches de ce bacille qui les ont conduits à des produits de toxicité suffisamment faible et qui ont donné des résultats intéressants dans le traitement des blessures de guerre.

La Société allemande Schering avait fait également étudier la pénicilline à Kiel, mais n'avait pu aboutir pendant la guerre à une réalisation pratique. Actuellement trois autres sociétés en ont entrepris la production.

La pénicilline ne fait d'ailleurs qu'ouvrir la série d'armes antibiotiques nouvelles ; déjà, outre la fabrication de la gramicidine, il faut noter que la *streptomycine* est maintenant produite industriellement aux U. S. A. Cet antibiotique sécrété par le *Streptomyces griseus* intervient déjà contre des germes pathogènes contre lesquels la pénicilline est impuissante (en particulier contre les *cocci* à Gram négatif).

En France, le professeur Hollande poursuit l'étude d'une substance antibiotique, la *clitocybine*, produite par les champignons supérieurs qui forment dans les Alpes les « ronds de sorcière » (1).

Mais ce qui semble actuellement préoccuper le plus les chercheurs est bien la synthèse de la pénicilline. Le savant américain du Vignau et ses collaborateurs de l'Université Cornell ont pu tout récemment annoncer la synthèse totale par voie purement chimique et la purification complète d'une petite quantité de pénicilline G. Mais le procédé suivi, très complexe, n'a permis l'obtention que de quelques milligrammes de produit pur et ne paraît pas pouvoir concurrencer, même de loin, la préparation de la pénicilline par voie biochimique. Toutefois, les méthodes nouvelles ont permis d'entrevoir l'existence de pénicillines nouvelles qui seraient seulement fabriquées par voies de synthèse et dont l'activité thérapeutique s'étendrait à d'autres maladies comme la tuberculose. On a déjà remarqué que certaines substances radioactives étaient susceptibles de modifier la sécrétion du *Penicillium*. Des études seraient d'ailleurs en cours en vue de l'obtention de nouveaux antibiotiques de synthèse avec emploi de rayonnements provenant de substances radioactives récemment découvertes.

Jean VERGIN

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

# L'EXPLORATION DU CIEL EN RAYONS INFRAROUGES

par J. GAUZIT

Des millions d'étoiles sillonnent l'Univers. Nous ne recevons d'eux qu'une fraction parfois extraordinairement faible de leur rayonnement, et cependant cette fraction infinitésimale doit suffire non seulement pour repérer leur position dans l'espace, mais aussi pour calculer leur masse, leur vitesse de déplacement, leur température, etc. Toute nouvelle technique permettant à l'astrophysicien de tirer un meilleur parti du rayonnement des astres vient donc compléter notre connaissance de l'Univers. Il n'y a pas très longtemps, on a réussi à étudier la portion infrarouge du spectre des astres, et, déjà, l'exploration de ce nouveau domaine promet d'être extrêmement féconde. On pourra, grâce à ces radiations, percer l'atmosphère qui entoure certaines planètes et aussi déceler de nouvelles étoiles, soit que celles-ci soient trop froides pour émettre de la lumière visible, soit que leur spectre visible soit arrêté par les nuages de poussière cosmique, comme c'est le cas dans la région du ciel où se trouve le noyau globulaire de notre galaxie.

On sait les admirables progrès que la photographie a fait accomplir à l'astronomie. Non seulement elle présente sur l'observation visuelle le grand avantage de donner des documents qui peuvent être ensuite étudiés à loisir et conservés, mais elle permet de réaliser par des poses longues une accumulation de lumière qui fait apparaître des objets invisibles à l'œil nu. Ainsi, on distingue facilement, avec une même lunette, deux fois plus d'étoiles sur une photographie à longue pose que dans l'observation visuelle.

Il y a plus ; on peut réaliser, par la photographie, l'exploration du monde en rayons invisibles, c'est-à-dire en rayons ultraviolets ou infrarouges. Les observations dans l'ultraviolet proche de la lumière visible ont été mises à profit depuis déjà de nombreuses années, grâce à la propriété des plaques photographiques ordi-

naires d'être sensibles à ces rayons. En ce qui concerne les ultraviolets de très courte longueur d'onde, ils ne peuvent parvenir jusqu'à nous parce que l'ozone atmosphérique forme autour de la Terre un écran absolument opaque, qui ne nous laisse pas parvenir les radiations de longueur d'onde inférieure à 0,3 micron environ (1).

Au contraire, l'atmosphère terrestre est transparente à de larges bandes dans l'infrarouge, et on a cherché à utiliser les renseignements que peuvent fournir ces radiations à l'astronomie.

## Les méthodes d'observation

Les physiciens divisent généralement la région infrarouge du spectre en deux parties : les infrarouges photographiques, qui s'étendent depuis

(1) Voir : « L'ozone atmosphérique, gaz indispensable au maintien de la vie » (*Science et Vie*, n° 319, juin 1943).

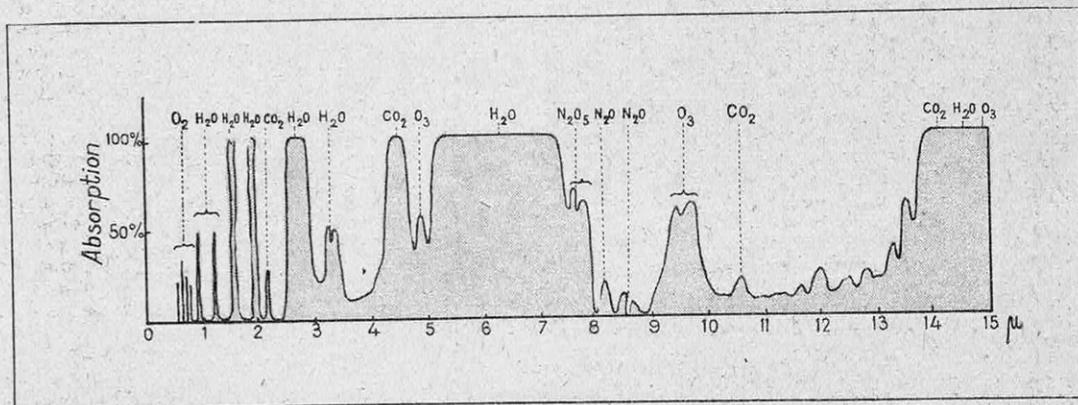


FIG. 1. — LES BANDES D'ABSORPTION DE L'INFRAROUGE PAR L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE

On a représenté schématiquement l'intensité et la largeur des bandes. On notera l'intense absorption par la vapeur d'eau ( $H_2O$ ) entre 5 et 8 microns. Des mesures récentes ont complété l'étude du spectre solaire jusqu'à 24 microns et ont prouvé que l'absorption n'est pas complète au delà de 14 microns, comme on le croyait précédemment.

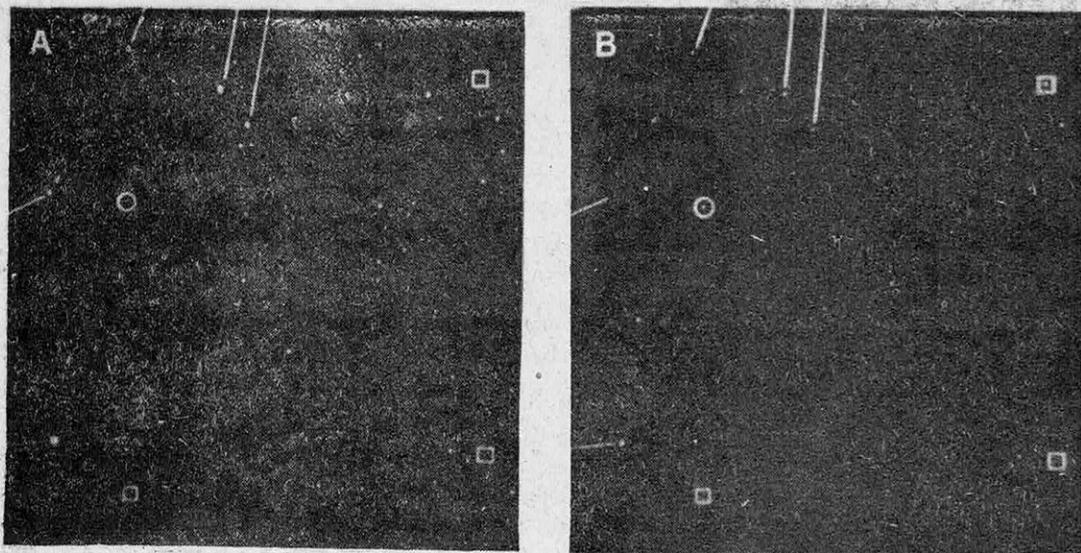


FIG. 2. — PHOTOGRAPHIES COMPARÉES D'UNE MÊME RÉGION DU CIEL EN BLEU (A) ET EN INFRAROUGE (B)

Il s'agit d'une portion de la constellation de Céphée. L'étoile entourée d'un cercle est une étoile « infrarouge », absolument invisible en lumière bleue. Les carrés entourent des étoiles qui sont très faibles en lumière bleue. Enfin les flèches attirent l'attention sur quelques étoiles dont la différence d'intensité entre les deux plaques est notable. Un grand nombre d'étoiles bleues ont disparu sur la plaque infrarouge. Les temps de pose ont été choisis de manière que l'intensité du fond du ciel soit à peu près la même pour les deux plaques.



FIG. 3. — UNE NÉBULEUSE SPIRALE VUE PAR LA TRANCHÉE

C'est la nébuleuse N. G. C. 4565, dans la constellation de la Chevelure de Bérénice. Une nébuleuse spirale est formée d'un noyau globulaire autour duquel s'enroulent deux immenses bras en spirale. L'importance du noyau apparaît mal sur les photographies des nébuleuses vues de face, car le noyau est toujours fortement surexposé quand les bras sont visibles; au contraire, elle ressort nettement ici. Le noyau est plus épais et beaucoup plus lumineux que le reste de la spirale. Le trait qui barre le noyau est dû à la matière absorbante située en avant. Puisque nous sommes placés, dans notre galaxie, sur un des bras de la spirale, nous comprenons que la poussière cosmique nous empêche de distinguer le noyau et un grand nombre d'étoiles.

le rouge visible jusque vers la longueur d'onde de 1,4 micron, et les infrarouges thermoélectriques, qui vont de 1,4 à 24 microns.

Pour « voir » dans l'infrarouge photographique, on dispose, bien entendu, de plaques sensibles spéciales. Bien que l'œil perçoive le rouge jusque vers 0,8 micron, on appelle déjà plaques infrarouges celles qui sont sensibles entre 0,7 et 0,8 micron. Il y a quelques années, chaque expérimentateur préparait lui-même, avant de les utiliser, les plaques sensibles au rouge ou à l'infrarouge; on les sensibilisait en les trempant dans une solution colorée convenable (éosine, érythrosine, etc.). On a maintenant découvert de nouveaux sensibilisateurs (carbocyanines) qui permettent d'atteindre 1,4 micron, et on se procure généralement les plaques toutes prêtes chez les fabricants, car la sensibilisation par trempage donne un résultat très inférieur à la sensibilisation dans l'émulsion même. Malheureusement, la sensibilité des plaques est beaucoup plus faible, à énergie égale, que dans le bleu. Actuellement, la chute de sensibilité est surtout importante au delà de 1 micron. D'autre part, les plaques sensibles au delà de 1 micron exigent des soins spéciaux de conservation; elles doivent être gardées dans un réfrigérateur; en effet, à la température ordinaire, les corps environnants ont déjà un rayonnement infrarouge non négligeable, qui voile lentement les plaques.

A cause de la faible sensibilité des plaques dans l'infrarouge, la préférence est souvent donnée à des appareils d'un emploi plus compliqué, tels que les cellules photoélectriques. Les progrès de la technique ont abouti à la réalisation de cellules sensibles au proche infrarouge (cellules photoconductrices, couples photoélectriques, cellules photoémissives), que l'on combine avec des amplificateurs électriques perfectionnés.

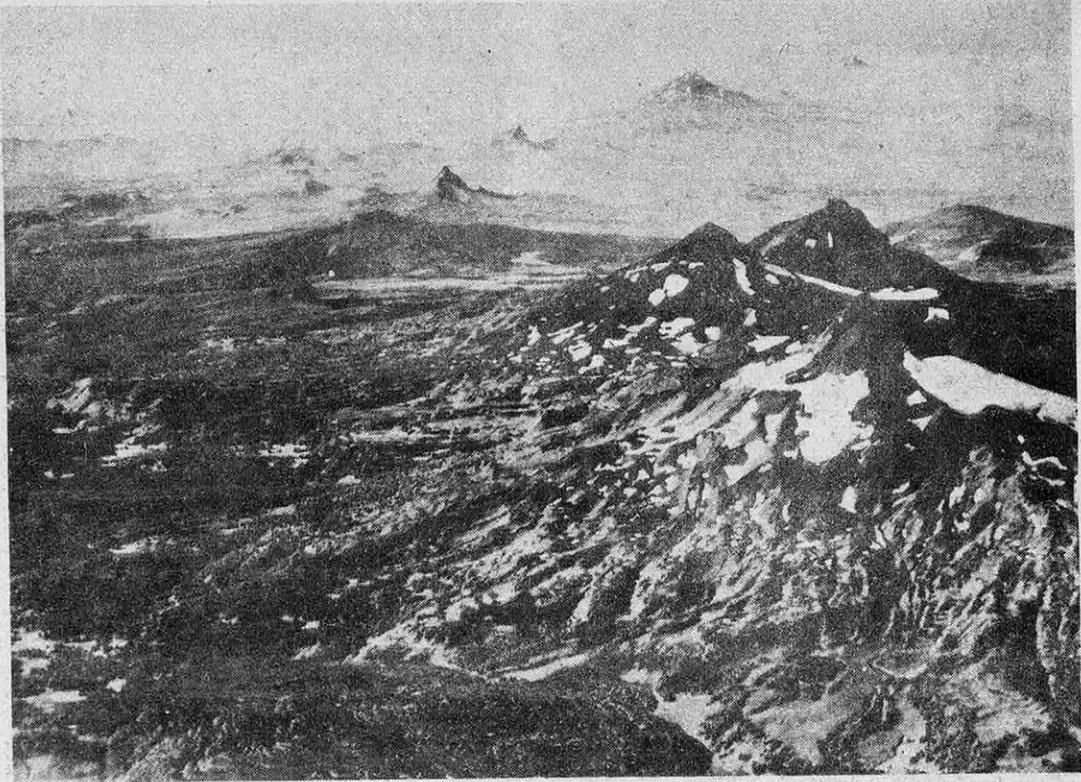


FIG. 4. — LA PHOTOGRAPHIE DANS L'INFRAROUGE RÉVÈLE DES DÉTAILS QUI, EN LUMIÈRE ORDINAIRE, SONT MASQUÉS PAR L'ATMOSPHÈRE

*Cette vue des Montagnes Rocheuses, prise en infrarouge par un avion de l'armée américaine, a permis de « voir » le mont Rainier (4 300 m d'altitude) situé à une distance de 350 km, et qui était totalement invisible à l'œil.*

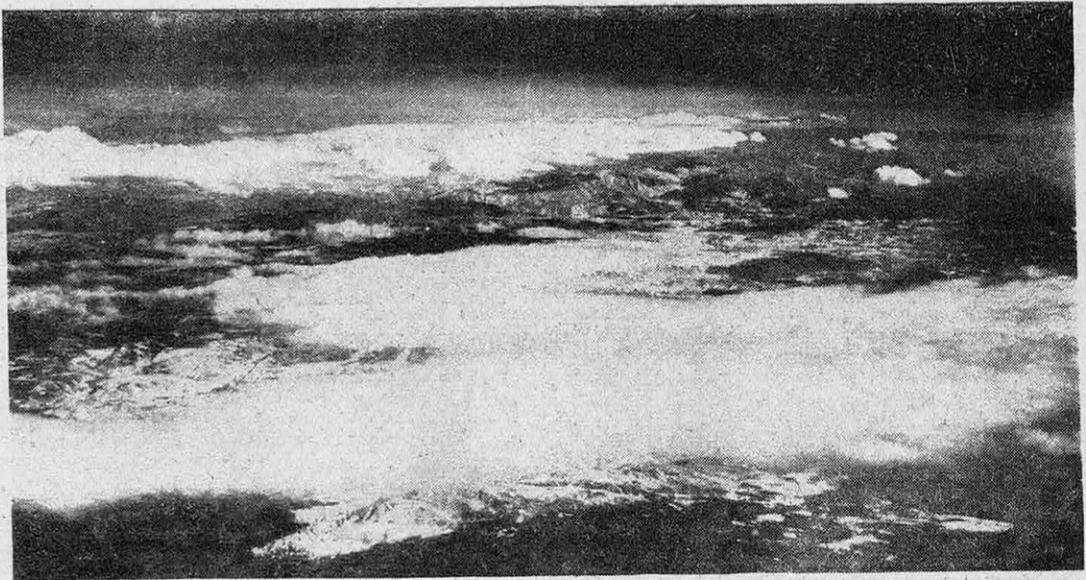


FIG. 5. — CETTE VUE AÉRIENNE PRISE DANS L'INFRAROUGE MET EN ÉVIDENCE LA ROTONDITÉ DE LA TERRE

*L'appareil de l'aviation navale américaine qui a pris cette photographie volait au large des côtes de Californie à une altitude de 5 200 m. On aperçoit au premier plan les montagnes de l'Arizona, et au delà le désert. La ligne d'horizon est légèrement incurvée en raison de la rotondité de la Terre.*

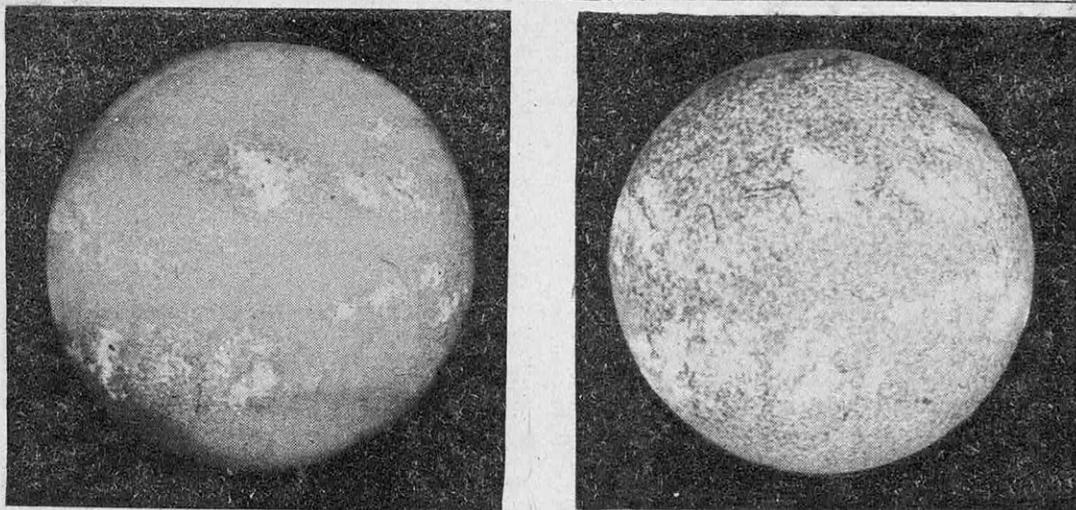


FIG. 6. — DEUX PHOTOGRAPHIES DE LA CHROMOSPHERE SOLAIRE PRISES L'UNE DANS LE VIOLET, L'AUTRE DANS L'INFRAROUGE

Ces deux photographies ont été prises le même jour à l'observatoire de Meudon, à l'aide d'un spectrohéliographe qui permet de photographier les vapeurs surmontant la photosphère en s'affranchissant complètement de la lumière émise par celle-ci. A gauche, photographie obtenue avec la raie violette K du calcium. A droite, image obtenue avec la raie infrarouge de calcium de longueur d'onde 0,85 micron.

Mais les cellules ne donnent pas une image de l'objet étudié ; on doit projeter celle-ci sur la cathode et les lectures faites renseignent seulement sur la variation de la brillance pour différents points ou différentes régions. Aussi, examinant les possibilités prochaines des recherches astronomiques dans l'infrarouge, l'astronome belge Swings préconise-t-il deux autres méthodes :

La *méthode phosphorographique*, qui utilise un fait connu depuis déjà cent quarante ans : la lumière infrarouge provoque une forte diminution de la luminescence d'un écran fluorescent (préalablement excité avec une lampe à arc au mercure dans un tube de quartz). Après exposition à la lumière infrarouge, on place contre l'écran une plaque photographique sensible à la lumière rayonnée par l'écran ; on obtient une image, qui est due principalement aux rayons infrarouges dont la longueur d'onde est comprise entre 1 et 1,8 micron.

La *méthode évaporographique*, qui utilise la volatilisation d'une couche mince de matière sous l'effet des rayons infrarouges. La « plaque » est formée par une membrane de cellulose, recouverte d'une mince couche d'huile de paraffine, sous une pression de 1/100 de millimètre de mercure environ. Quand une image infrarouge est projetée sur la membrane, l'évaporation se produit et elle est plus intense aux endroits les plus éclairés. Quand l'effet est suffisant, on arrête l'impression par une désensibilisation, produite simplement en laissant entrer l'air. On peut alors photographier l'image infrarouge sur une plaque ordinaire.

Les deux méthodes précédentes ont été déjà utilisées au laboratoire pour des recherches de spectroscopie ou de physicochimie dans l'infrarouge. Swings est surpris qu'elles n'aient pas encore servi en astronomie, au moins pour l'étude du spectre infrarouge du Soleil ; il pense qu'elles se prêteront même à des mesures sur les planètes et sur quelques étoiles.

Jusqu'ici les observations astronomiques réalisées dans l'infrarouge thermoélectrique sont exceptionnelles. La plupart concernent le Soleil. Elles ont été faites avec des récepteurs thermiques : bolomètres, piles thermoélectriques (1), cellules photoélectriques. Notons d'ailleurs ici que, lorsqu'on passe de l'infrarouge photographique à l'infrarouge lointain, des difficultés inattendues surgissent ; par exemple, le verre est opaque pour les radiations de grande longueur d'onde et doit être remplacé par d'autres substances, comme la fluorine (fluorure de calcium) ou le sel gemme.

### La spectroscopie astronomique infrarouge

C'est dans le spectre solaire que l'astronome Herschel découvrit, en 1800, les radiations infrarouges. En promenant le réservoir noirci d'un thermomètre dans ce spectre solaire, il observa que le thermomètre s'échauffe encore au delà du rouge. Le thermomètre d'Herschel est l'ancêtre de tous les récepteurs thermiques. Depuis lors, une somme considérable de travaux, réalisés avec des appareils de plus en plus perfectionnés, a été consacrée à l'étude du spectre solaire infrarouge. Ces connaissances intéressent les astronomes en leur renseignant sur la loi de répartition de l'énergie dans cette région du spectre solaire ; elle leur fait connaître les raies d'absorption de ce spectre et complètent ainsi les listes dressées dans les régions visible et ultraviolette. Enfin, elles décèlent les bandes d'absorption telluriques, c'est-à-dire dues aux gaz de notre atmosphère. On trouve, en effet, dans l'infrarouge un grand nombre de bandes d'absorption, mais non une absorption totale

(1) Les bolomètres mesurent l'intensité du rayonnement infrarouge par la variation de la résistance électrique du conducteur échauffé par ce rayonnement ; avec les piles thermoélectriques, on fait appel à la différence de température entre les jonctions ou soudures de deux métaux différents.

comme dans l'ultraviolet au-dessous de 0,3 micron. Les principales de ces bandes sont représentées schématiquement par la figure 1. Parmi les gaz atmosphériques connus (azote, oxygène, vapeur d'eau, gaz carbonique, ozone et les gaz monoatomiques), seuls la vapeur d'eau, le gaz carbonique et l'ozone ont des bandes d'absorption dans l'infrarouge. Mais on observe aussi deux faibles bandes vers 7,6 et 7,8 microns qui sont attribuées aux composés oxygénés de l'azote ( $N_2O_3$  et  $N_2O$ ), dont la formation, dans les hautes couches de l'atmosphère, est probablement liée à celle de l'ozone.

Parmi les observations spectroscopiques dans l'infrarouge photographique, qui ont le plus grand intérêt, nous devons rappeler l'étude des atmosphères des planètes. En effet, c'est en examinant le spectre infrarouge des planètes que les astronomes ont découvert la présence de gaz carbonique dans l'atmosphère de Vénus, d'ammoniaque dans celles de Jupiter et de Saturne, de méthane dans celles de Jupiter, de Saturne, d'Uranus et de Neptune (1)

### La recherche des étoiles rouges et infrarouges

La gamme des températures superficielles des étoiles que l'on voit dans le ciel est très étendue : cette température dépasse 20 000° pour les étoiles bleues ; elle descend à 3 000° pour les étoiles rouges. Or, il y a des astres encore plus froids, dont le rayonnement ne comprend plus assez de radiations visibles pour que nous puissions les apercevoir ou les photographier sur des plaques ordinaires, bien qu'il soit encore riche en rayons infrarouges. La photographie sur plaques infrarouges a permis de découvrir de telles étoiles « infrarouges » (fig. 2) et, de manière plus générale, de mesurer les différences de magnitudes des étoiles en lumière infrarouge et en lumière bleue. Les valeurs de ces différences sont utiles pour les recherches de statistique stellaire ; elles mettent en évidence une absorption de toutes les radiations du spectre des étoiles pendant leur parcours dans l'espace interstellaire. Cette absorption réduit l'intensité

(1) Voir : « Les planètes, leurs atmosphères et les conditions de vie à leur surface » (*Science et Vie*, n° 338, novembre 1945).

apparente des étoiles. Les radiations rouges et infrarouges étant moins fortement absorbées que les autres radiations, les étoiles lointaines paraissent plus rouges qu'elles ne sont en réalité. En moyenne, la réduction de l'intensité atteint 20 % pour une distance de 1 000 années-lumière. Quant au rougissement, il est très variable d'une région du ciel à l'autre, suivant l'épaisseur et la densité des nuages de poussière cosmique que la lumière a dû traverser.

### A travers les nuages et la poussière cosmiques

L'application astronomique la plus importante des rayons infrarouges est qu'ils nous permettent de traverser les nuages de poussière cosmique qui nous environnent et de « voir » ainsi des objets que nous ne parvenons pas à distinguer en lumière ordinaire. Le processus est le même que lorsqu'on prend une photographie sur des plaques panchromatiques ; déjà un simple écran jaune ou orangé atténue fortement l'effet de brume dans les paysages lointains, effet qui provient de la diffusion par l'atmosphère des radiations de courte longueur d'onde. L'effet est beaucoup plus net si l'on réalise une photographie en rayons infrarouges (c'est-à-dire en employant des plaques infrarouges et en plaçant devant l'objectif un écran rouge foncé, qui ne laisse passer que les rayons infrarouges). Cette propriété est connue depuis déjà de nombreuses années. Les figures 4 et 5 reproduisent deux photographies infrarouges qui ont quelque célébrité dans l'histoire de la photographie.

Une des premières applications astronomiques — déjà vieille de vingt ans — fut la photographie des planètes. Les rayons rouges ou infrarouges pénètrent plus facilement que les autres dans les atmosphères des planètes et montrent, par suite, soit des couches plus profondes de ces atmosphères, soit des détails plus nets des sols planétaires. Dans le cas de la planète Mars, la comparaison des photographies infrarouge et bleue montre nettement la présence d'une atmosphère absorbante et diffusante étendue (fig. 7).

Mais, depuis que des travaux récents ont précisé nos idées sur la structure de la Voie Lactée, depuis surtout que l'on a reconnu la

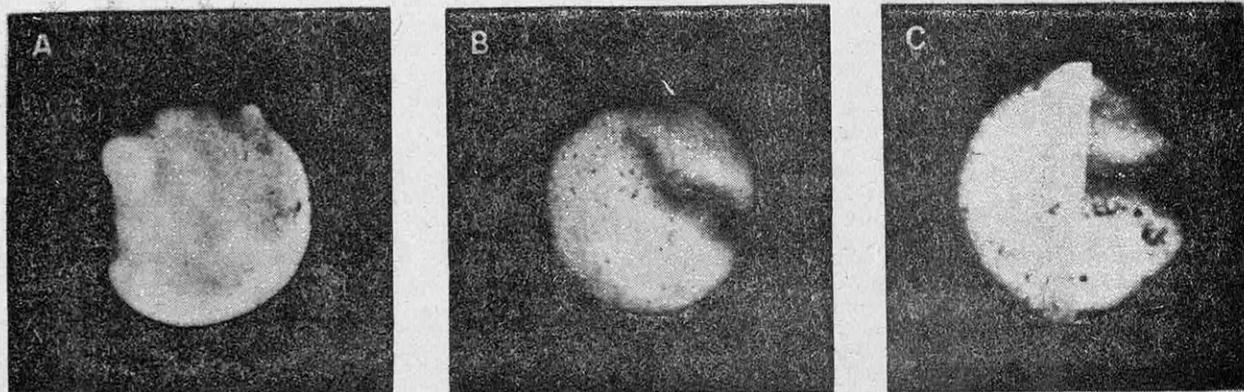


FIG. 7. — PHOTOGRAPHIES DE LA PLANÈTE MARS PRISES EN LUMIÈRE VIOLETTE ET EN ROUGE

En A : photographie dans le violet ; en B : photographie dans le rouge ; en C : on a placé côte à côte les deux moitiés des deux photographies. On voit que l'image violette est plus grande. On en conclut que Mars a une atmosphère étendue, et celle-ci diffuse plus énergiquement les rayons violets que les rayons rouges.

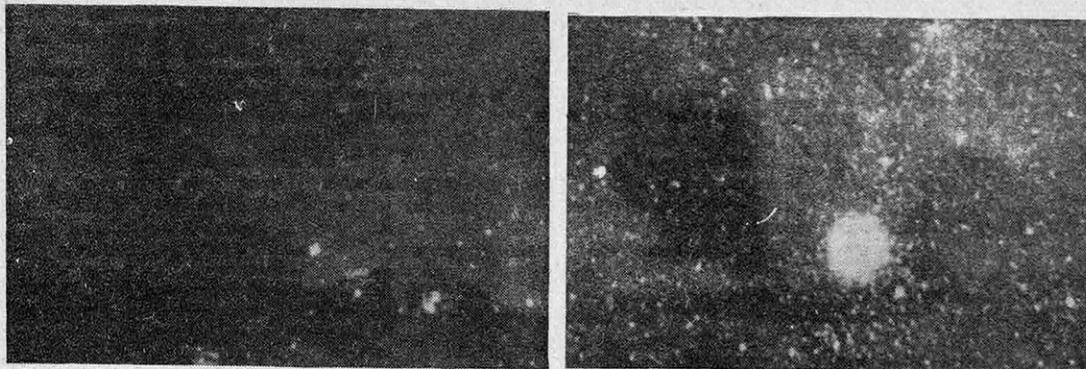


FIG. 8. — PHOTOGRAPHIES EN LUMIÈRE BLEUE (A GAUCHE) ET EN LUMIÈRE INFRAROUGE (A DROITE) DE LA RÉGION DU CIEL OU SE TROUVE LE NOYAU DE NOTRE GALAXIE

*On savait déjà que le centre de notre galaxie se trouve dans la constellation du Sagittaire, qui fait partie de la Voie Lactée et qui brille, dans nos régions, au début des nuits d'août près de l'horizon sud. Ce n'est pas une région particulièrement lumineuse de la Voie Lactée, car les nuages de poussière y sont très opaques. La photographie en rayons infrarouges, obtenue par l'astronome W. Baade, du mont Wilson, y fait apparaître un grand nombre d'étoiles invisibles en lumière bleue et une condensation mal définie, qui est vraisemblablement le centre même du noyau de notre galaxie.*

présence, au voisinage du plan équatorial de notre galaxie, de nuages abondants de poussière cosmique, analogues à ceux que nous voyons dans les nébuleuses spirales voisines (fig. 3), les astronomes ont tenté d'utiliser les rayons infrarouges pour mieux pénétrer à travers cette poussière (qui joue pour les espaces interstellaires à peu près le même rôle que notre atmosphère) et chercher ce qu'elle cache. Ils ont donc fait de longues poses en lumière infrarouge, en choisissant surtout les régions du ciel où l'absence apparente d'étoiles est précisément due à la présence de nuages absorbants. (On désigne aujourd'hui ces régions sous le nom de « nébuleuses obscures »). Ils ont fréquemment réussi à déceler ainsi des étoiles invisibles en lumière ordinaire, comme le montre, par exemple, la figure 8. Le gain est d'ailleurs d'autant plus net que la longueur d'onde moyenne de la lumière utilisée est plus grande. Bien entendu, il arrive que des étoiles bleues, situées en avant des nuages absorbants, semblent disparaître sur les clichés infrarouges (voir la figure 2).

Mais les rayons infrarouges semblent surtout propices à une étude qui passionne les astronomes : l'observation du centre ou noyau de notre galaxie. Les nébuleuses spirales ont généralement un noyau globulaire, qui contient une fraction importante de la masse totale de la nébuleuse. Ce noyau apparaît nettement dans les nébuleuses spirales les plus proches, mais celles-ci se trouvent à une distance énorme : un million d'années-lumière ; aussi les télescopes, même les plus puissants dont nous disposons actuellement, ne permettent pas de résoudre ce noyau en étoiles ; la résolution n'est possible que pour les branches externes. Quant au noyau de notre propre galaxie, qui est relativement toute proche, nous ne le voyons pas en lumière ordinaire, car nous sommes mal placés. Nous nous trouvons probablement vers le début d'une des branches de la spirale ; lorsque nous regardons vers le noyau, l'impression produite est analogue à celle que nous donne une nébuleuse

spirale vue par la tranche (fig. 3) : les nuages obscurs nous cachent le noyau ; dans sa direction, nous n'apercevons que les étoiles situées en avant, entre les nuages obscurs et nous. On comprend l'intérêt que présenterait pour nous l'observation des astres voisins du noyau. Non seulement elle préciserait la structure de notre galaxie et nous donnerait notamment la mesure du diamètre de ce noyau ; mais encore nous pouvons penser que les étoiles voisines du centre de la galaxie ont des propriétés particulières, car elles sont entourées d'étoiles très proches et d'un amas de matière plus dense ; leurs conditions de formation diffèrent, sans doute, notablement de celles des étoiles externes, que nous connaissons.

Parviendrons-nous un jour à étudier ces étoiles grâce aux rayons infrarouges ? C'est encore douteux. Mais, dès maintenant, les photographies de la Voie Lactée dans la région où se trouve son centre montrent beaucoup plus d'étoiles lorsqu'elles sont prises en lumière infrarouge. Malheureusement, comme nous l'avons signalé plus haut, la sensibilité des plaques photographiques décroît rapidement dans l'infrarouge et devient très faible pour les longueurs d'ondes supérieures à 1 micron, qui seraient les plus favorables pour l'observation à travers la poussière cosmique. Nous apprenons que, renonçant provisoirement à la photographie, les astronomes américains Stebbins et Waitford viennent d'employer une cellule photoélectrique, sensible à l'infrarouge lointain, fixée sur un des télescopes puissants du mont Wilson. Ils ont exploré la région de la constellation du Sagittaire, où se trouve le noyau de la galaxie, et ils ont constaté qu'une zone elliptique se manifeste par une émission infrarouge intense. S'ils ne peuvent pas encore affirmer que c'est le noyau de notre propre spirale, du moins, ils sont certains qu'ils ont décelé la région centrale de la galaxie, que les yeux humains ne peuvent pas voir.

J. GAUZIT

# A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

## POUR ÉTUDIER LE MOTEUR ANIMAL

Au siècle dernier, pour étudier les réactions physiologiques des animaux pendant le travail, on les enfermait dans des chambres respiratoires munies de soupapes et de tuyaux pour l'entrée de l'air et la sortie des gaz expirés. Pour faire travailler l'animal — ou l'homme — on le plaçait par exemple sur un tablier sans fin qu'on freinait à volonté.

Mais c'était un milieu plutôt artificiel. Aussi les zootechniciens du Missouri ont-ils imaginé de faire travailler les animaux en plein air, en les faisant précéder d'un laboratoire automobile où aboutissent les tuyaux souples de l'expiration. Le perfectionnement des nombreux appareils de mesure nécessaires et celui des masques à gaz pour chevaux de guerre a facilité la chose.

La photographie de la figure 1 montre donc un mulet attelé devant un chariot sur lequel il doit soulever et faire avancer

avec un palonnier un poids connu. Les brancards ne servent qu'à la direction et leur extrémité porte sur l'arrière de l'automobile-laboratoire.

Le mulet respire par un bout de tuyau muni d'une soupape et chasse l'air expiré dans la tuyauterie du laboratoire. Sur son parcours est branché un manomètre donnant la pression et la cadence respiratoire, puis un thermomètre sec et un thermomètre humide dont la différence donne le degré hygrométrique. L'air expiré arrive dans un gazomètre où l'on prélève des échantillons de 100 cm<sup>3</sup> pour l'analyse.

Jusqu'à ce que la pression soit suffisante pour actionner le compteur, l'air arrive dans un sac en forme de soufflet maintenu à la pression atmosphérique. Un petit ventilateur électrique l'aspire pour le faire passer dans le gazomètre. A la sortie de ce dernier, une fraction barbote dans les liquides chargés de retenir le gaz carbonique ou l'oxygène. On mesure, par exemple, 18 % d'oxygène au lieu de 21 % et 3 % de gaz carbonique au lieu de 0,03 % dans l'air. Le

débit et la cadence de la respiration sont des renseignements complémentaires.

Les résultats de toutes ces mesures sont portés sur des graphiques, en fonction du temps par exemple. Les plus expressifs sont établis par rapport à la valeur des coefficients au repos. Au bout de trois à cinq minutes de travail, ces rapports deviennent à peu près constants.

Dans le cas d'un travail léger, correspondant à un effort de traction égal au douzième du poids de l'animal, on constate, par exemple, que le métabolisme est multiplié par 4,5 ou 5, tandis que la ventilation pulmonaire l'est par 3,5, la vitesse de respiration par 2 et l'air exhalé à chaque fois par 1,75.

On observe également une augmentation lente de la vitesse de respiration indiquant une tendance à la fatigue. A l'arrêt, au bout d'une heure par exemple de ce travail modéré, il faut environ cinq minutes pour que les chiffres reviennent à la valeur qu'ils accusent au repos.

En augmentant l'effort de

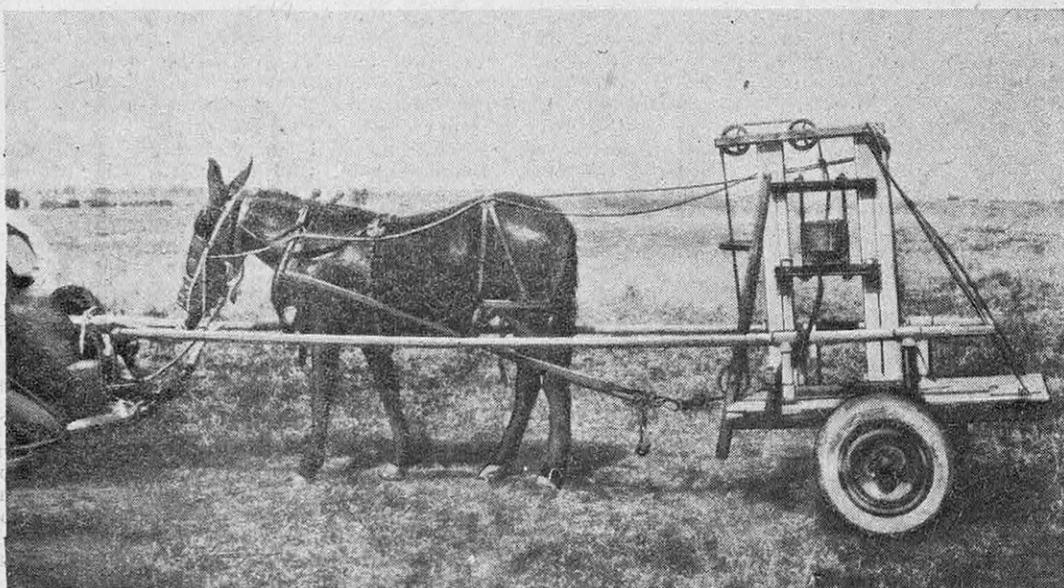


FIG. 1. — UN MULET, PORTANT UN MASQUE RESPIRATOIRE, ATTELÉ DERRIÈRE L'AUTOMOBILE LABORATOIRE

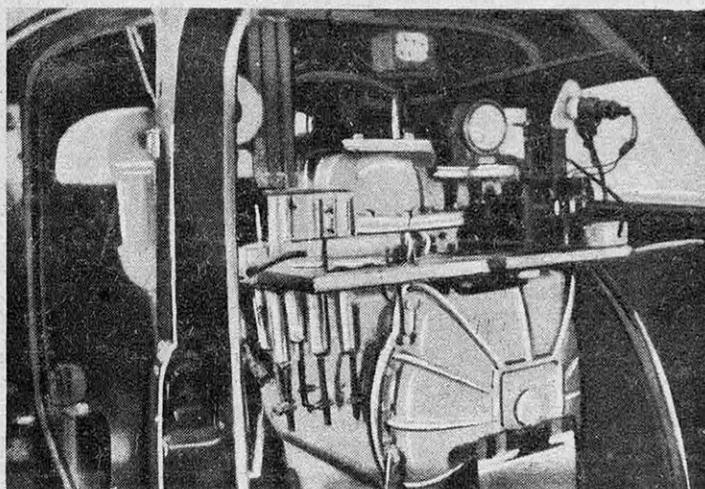


FIG. 2. — INTÉRIEUR DE L'AUTOMOBILE LABORATOIRE

En haut, le compteur du gazomètre; à gauche, burette d'analyse; à droite, connexions électriques.

traction, on a observé un accroissement subit de la production de gaz carbonique quand on atteint le sixième du poids de l'animal. Il faut donc éviter de dépasser cette limite.

Les expérimentateurs, Kibber et Brody, ont remarqué que les courbes obtenues avec quatre muets étaient parallèles et beaucoup plus régulières que lors d'expériences analogues sur les hommes, où interviennent des différences de tempérament et sans doute aussi d'intelligence.

## CHARBON ET MÉTAUX RARES

Le charbon, tel qu'il est extrait de la mine, renferme en quantités plus ou moins grandes une variété considérable de substances minérales inorganiques mélangées plus ou moins intimement à ses constituants organiques. On n'en retrouve dans les cendres que quelques-unes, celles qui, lors de la combustion, n'ont pas été volatilisées; ces cendres consistent pour 99 %, et sauf exceptions, en oxydes libres ou associés de neuf éléments principaux: fer, aluminium, titane, calcium, magnésium, sodium, potassium, silice, soufre, en proportions variables.

Les « impuretés » minérales

réduisent évidemment le pouvoir calorifique du charbon, mais ce n'est pas de ce seul point de vue qu'un grand nombre d'entre elles sont indésirables, même lorsqu'elles ne sont présentes qu'en très faible quantité. Tel est le cas, par exemple, du soufre, allié principalement au fer sous la forme de pyrites, et dont les composés libérés dans les foyers souillent l'atmosphère des villes industrielles, provoquent la corrosion des chaudières, et doivent être éliminés des gaz industriels provenant de la carbonisation du charbon. L'exposition du charbon à l'air entraîne l'oxydation des pyrites et, par suite, la fragmentation des blocs de charbon, diminuant sa valeur marchande; l'acide sulfurique libéré attaque le matériel de lavage et le détériore rapidement.

Tel est aussi le cas pour le phosphore et l'arsenic, dont la présence est gênante dans le coke métallurgique (ils nuisent aux qualités mécaniques des métaux ferreux) et interdit, au même titre d'ailleurs que pour le fluor, l'emploi du charbon qui les contient dans les industries alimentaires, par suite de leur toxicité.

Indépendamment des éléments qui apparaissent comme des inclusions assez grossières dans les blocs de charbon, et dont la teneur décroît lorsqu'on pousse la purification du combustible par les procédés

industriels, on connaît de nombreux éléments, une trentaine, qui sont répandus d'une manière beaucoup plus intime parmi les matières carbonées, ce que démontre le fait que leur teneur, toujours très faible, croît au lieu de décroître lors de la purification. On peut expliquer leur présence en admettant soit que des infiltrations les ont amenés il y a plusieurs milliers d'années dans les couches de végétaux avant que ceux-ci se transforment en charbon, soit qu'ils étaient contenus dans les végétaux eux-mêmes. Cette dernière explication semble la bonne pour les traces de bore, d'étain, de cuivre et de zinc que l'on trouve même dans le charbon purifié, et aussi pour le vanadium dont on a reconnu depuis peu qu'il peut s'accumuler dans certains organes de plantes, en particulier les aiguilles de pin. Dans les feuilles des arbres à feuilles caduques, où la sève apporte constamment les matières minérales dissoutes dans le sol, le jeu de l'évaporation entraîne une concentration naturelle de ces matières, de sorte qu'on observe fréquemment, dans les couches superficielles de l'humus où des feuilles pourrissent après leur chute, un enrichissement sensible en métaux rares par rapport aux couches profondes.

Signalons qu'on a proposé d'analyser systématiquement au spectrographe les échantillons de terreau de feuilles prélevés en divers points d'une forêt, pour mettre en évidence la présence de veines isolées de nickel, tungstène, etc., dans le sous-sol.

Une mention particulière doit être faite d'un élément très rare pour lequel on n'a trouvé que récemment des applications pratiques, le germanium, parce que c'est précisément du charbon que l'on s'efforce actuellement, en Angleterre, de l'extraire. On a trouvé dans certaines cendres obtenues au laboratoire jusqu'à 0,5 % d'oxyde de germanium; mais, dans la pratique, la plus grande partie, sinon la totalité du germanium, est volatilisée et se retrouve dans les suies et les condensations sur les tubes des chaudières et dans les conduits de fumée.

Dans des installations brûlant du charbon de Durham, on a trouvé ainsi entre 0,2

et 0,9 % de germanium et entre 0,1 et 0,5 % de gallium, un autre élément rare. On a pu calculer que, si on ramassait les suies et condensations de tous les foyers industriels de la Grande-Bretagne, on pourrait en isoler actuellement 2 000 t de germanium et 1 000 t de gallium, ce qui dépasserait considérablement les besoins actuels, ainsi que d'appréciables quantités d'argent, indium, thallium, cérium, lanthane et vanadium.

## L'OXYCOUPAGE AUTOMATIQUE

Le découpage des tôles à l'aide d'un chalumeau oxycoupeur ou d'un arc oxyélectrique est une opération délicate, qui exige un personnel exercé. Quelle que soit cependant l'adresse de l'ouvrier, il est impossible d'obtenir une coupe très régulière; il reste de nombreuses « bavures » adhérant aux bords de la coupe, et le travail est d'autant plus long et pénible que la tôle est plus épaisse.

C'est la raison pour laquelle les usines spécialisées font emploi, pour couper les tôles dépassant quelques centimètres d'épaisseur, de chalumeaux placés sur des supports leur donnant une avance régulière. Mais, jusqu'à présent, ces appareils, mus le plus souvent par l'électricité, demeuraient très coûteux et encombrants.

Un ingénieur français vient de faire les essais d'un porte-chalumeau automatique constitué par un petit chariot automoteur ne pesant que 7,8 kg et qui, pour les coupes rectilignes, se déplace sur un rail léger de 10 cm de voie que l'on pose simplement sur la tôle à couper, elle-même placée horizontalement. L'énergie motrice pour le déplacement du chariot est fournie par l'oxygène de coupe qui, avant d'arriver au chalumeau, traverse une turbine dont la vitesse de rotation est réglée par un curseur agissant sur un régulateur à force centrifuge pour obtenir la vitesse de translation désirée.

Les ressources de l'appareil sont multiples : le chalumeau peut être incliné afin de permettre des coupes en chanfrein; le chariot peut, pour les coupes

circulaires, être placé à l'extrémité d'une verge à compas (le rail est alors enlevé ainsi qu'une des deux roues arrière, et l'essieu avant est remplacé par une roue folle); pour des tracés quelconques, l'appareil peut être guidé à la main, l'avance restant automatique, ou monté sur un reproducteur.

Un tableau de correspondance placé sur le chariot indique les diamètres de buse et de gicleur, la vitesse de coupe et la pression d'oxygène à employer suivant les épaisseurs de tôle. C'est ainsi que, pour des épaisseurs comprises entre 3 mm et 200 mm, les vitesses de coupe varient entre 40 et 4 m/h et les pressions

d'oxygène entre 2 et 8 kg/cm<sup>2</sup>.

Cet appareil qui, une fois mis en marche, ne nécessite plus qu'une simple surveillance, permet de découper des tôles de blindage (en acier au manganèse) atteignant 20 à 30 cm d'épaisseur, donne des coupes absolument nettes (« glacées » suivant le terme technique) et sans bavures, avec une perte de métal dix fois moins élevée qu'avec un chalumeau à main (2 kg au mètre au lieu de 20 kg, pour une épaisseur de 20 cm) et une économie de temps et de gaz atteignant 75 %, sans compter l'économie supplémentaire résultant de l'inutilité d'un usinage ultérieur (fraisage et meulage).

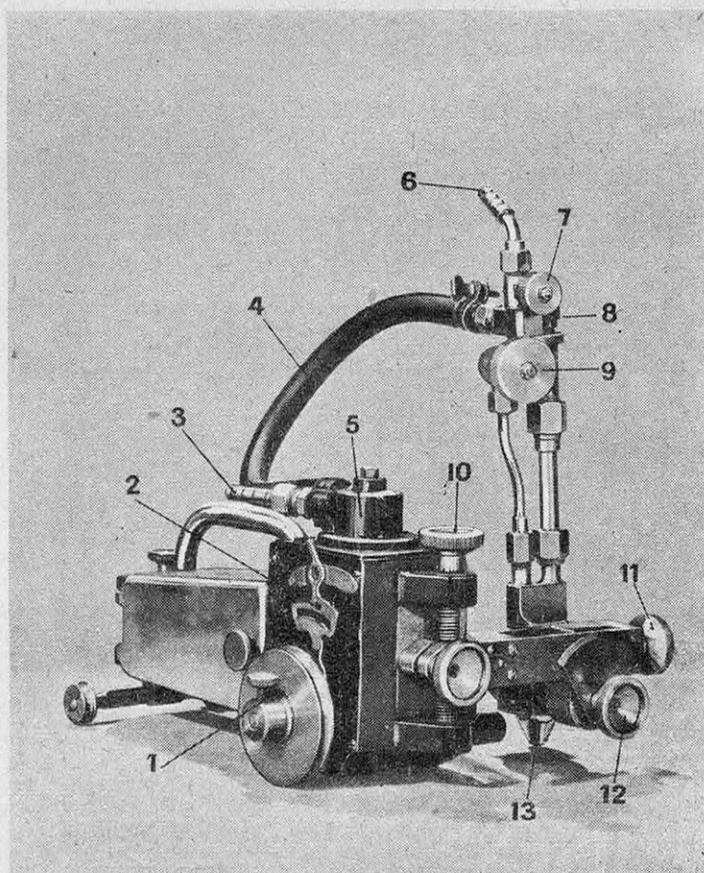


FIG. 3. — LE CHARIOT PORTE-CHALUMEAU POUR OXYCOUPAGE AUTOMATIQUE « CHALUMOR »

Cet appareil, pesant 7,8 kg, n'exécute pas dans ses dimensions 34 cm de long et 26 cm de large. — 1, roue motrice; — 2, curseur réglant la vitesse d'avancement; — 3, arrivée d'oxygène; — 4, raccord amenant l'oxygène de la turbine au chalumeau; — 5, carter de la turbine; — 6, arrivée d'acétylène; — 7, réglage de l'acétylène; — 8, réglage de l'oxygène de chauffe; — 9, réglage de l'oxygène de coupe; — 10, vis de réglage en hauteur du chalumeau; — 11, vis de réglage transversal du chalumeau; — 12, vis de réglage en inclinaison du chalumeau; — 13, buse du chalumeau.

## CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DU VERRE

Le développement des applications nouvelles des courants à haute fréquence : traitement thermique, télévision, radar, etc., a conduit au cours de ces dernières années à l'emploi de longueurs d'ondes de plus en plus courtes. Des précautions particulières ont dû être prises pour réduire les distances entre électrodes et par suite l'encombrement des tubes amplificateurs du type classique (fig. 4), et l'on conçoit aisément que le verre du tube moderne, travaillant à une température élevée, doive être choisi avec un soin particulier.

Le verre, en effet, est un parfait isolant à la tempéra-

ture ordinaire, mais devient légèrement conducteur lorsque la température s'élève. Il donne alors lieu à une véritable électrolyse. L'étude systématique de la conductibilité électrique des verres, liée à leur composition chimique, est donc aujourd'hui à l'ordre du jour, et nécessite un appareillage particulier, dont un modèle perfectionné permettant des mesures rapides (ne demandant pas plus de deux heures), a été réalisé par M. Bonan à la S. I. F., ce qui représente un progrès sensible sur les méthodes beaucoup plus longues élaborées jusqu'ici aux États-Unis.

L'intérêt de plus en plus grand de ces mesures pour la technique radioélectrique a amené les fabricants de verres à envisager de telles installations de mesure pour le contrôle permanent de leur fabrication et assurer une qualité

toujours égale des verres destinés à la confection des multiples tubes qu'utilise aujourd'hui la technique des ondes ultracourtes.

## LE RECORD DU POUVOIR SUCRANT

Les seuls agents édulcorants synthétiques en usage courant jusqu'à ces derniers temps étaient la *dulcine* et la *saccharine*. La *dulcine*, dérivée de l'urée, a un pouvoir sucrant 70 à 250 fois supérieur à celui du sucre ordinaire (de canne ou de betterave). La *saccharine*, dérivée du goudron de houille, lui est supérieure, mais n'a qu'un pouvoir sucrant 200 à 700 fois supérieur à celui du sucre. Le record était jusqu'ici détenu par la *peryllartine*, avec un goût 2 000 fois aussi sucrant que celui du sucre.

Dans une note récente à l'American Chemical Society (1) le professeur Verkade, de l'Université technique de Delft (Hollande), annonce la découverte d'un dérivé benzénique qui dépasse largement le record précédent, puisque son pouvoir édulcorant a été évalué à 4 000 fois celui du sucre ordinaire. Ce corps, dont le nom scientifique est *1-n-propoxy-2-amino-4-nitrobenzène*, a été mis au point pendant la deuxième guerre mondiale et est maintenant en pleine fabrication dans les Pays-Bas. Il se présente sous la forme d'une poudre de tout petits cristaux de couleur orange, est parfaitement stable à l'eau bouillante et s'est avéré d'une entière innocuité.

À l'état pur, ce corps est si sucrant que la plus faible pincée mise sur la langue peut encore être sentie gustativement une demi-heure plus tard. Il peut cependant être employé à table, en place de sucre, s'il est dilué avec quelque autre substance appropriée, telle que la lactose, ou sucre de lait, pour fournir un produit 500 fois aussi sucrant que le sucre ordinaire. Il n'a aucun arrière-goût ou goût secondaire, contrairement à ce qu'on observe pour d'autres agents édulcorants.

V. RUBOR

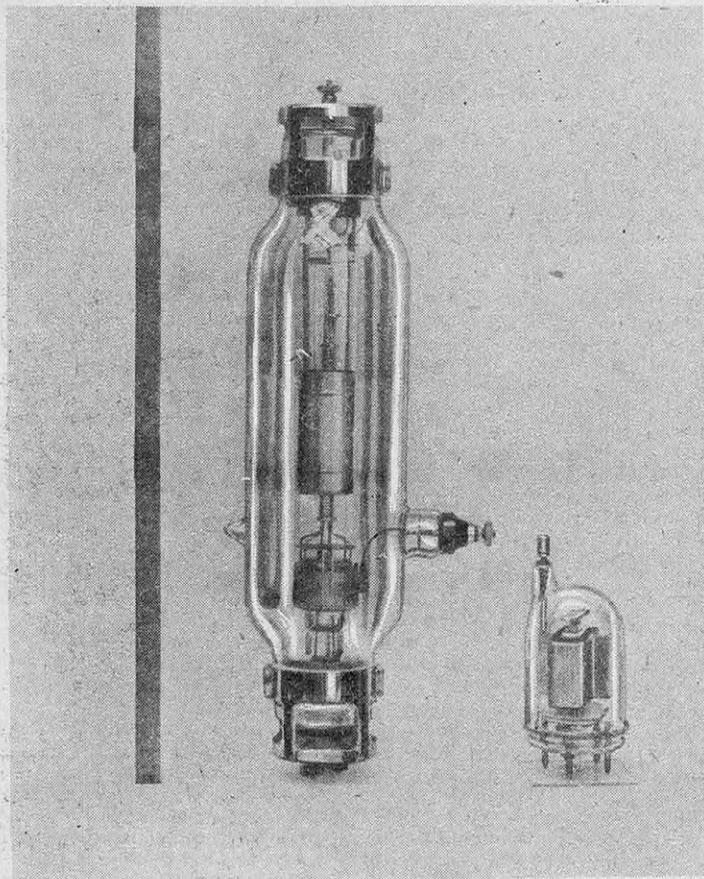


FIG. 4. — DEUX TUBES TRIODES DE MÊME DISSIPATION ANODIQUE, L'UN DE CONSTRUCTION ANCIENNE (A GAUCHE TUBE S. I. F. GT 250), L'AUTRE DE CONSTRUCTION MODERNE (A DROITE, TUBE S. I. F. GH 400)

(1) *Chimie et Industrie*, décembre 1946.

## UN PROGRÈS SENSATIONNEL DANS LE GRAISSAGE DES HAUTS DE CYLINDRES

SOMMER, champion de France 1937, 1939 et 1946, WIMILLE, CHIRON, CHABOUD, LOUVEAU, etc., en course, utilisent toujours le **Bretocyl-Graphité**, parce qu'ils ont compris que ce produit, grâce à ses qualités incomparables, assure au moteur un rendement que, malheureusement, l'essence actuelle ne lui permet pas.

Le **Bretocyl-Graphité** lubrifie et protège le moteur, assure une meilleure compression, combat la calamine, réduit la consommation de carburant, procure le maximum de puissance et de souplesse et supprime radicalement le cliquetage.

Indispensable à tout motoriste pour le rodage des moteurs.

En vente dans tous les garages. A défaut, profitez de l'offre de propagande de **Bretocyl** et écrivez à la **Société Bret-Oil**, 4, rue Jeanne-d'Arc, à Issy-les-Moulineaux, qui vous adressera franco, en se recommandant de *Science et Vie*, son coffret de 15 flacons-doses, correspondant à 300 litres d'essence, pour le prix de 245 francs (baisse de 5% comprise).

## 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'Administrat., 4, r. des Petits-Champs, Paris.

## PARENTS, VOICI DU NOUVEAU POUR VOS ENFANTS

L'ÉCOLE A. B. C. vient de créer un cours de dessin *par correspondance*, spécial pour les enfants de huit à treize ans. Enfin, une méthode amusante et réellement pratique qui guidera votre enfant, l'aidera à préciser ses impressions, formera et affinera son goût.

Apprendre le dessin n'est pas seulement un passe-temps agréable, c'est un devoir de prévoyance, car, en plus de l'agrément qu'il procure, il peut ouvrir la voie vers maintes carrières intéressantes et lucratives.

Si votre enfant ne devient pas un artiste et quelle que soit sa carrière, la pratique du dessin enrichira sa personnalité et sera pour lui une source de supériorité et de satisfaction.

Renseignez-vous : demandez l'album illustré envoyé gratuitement et sans engagement de votre part.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN  
(Enfants 56),  
12, rue Lincoln, Paris (VIII<sup>e</sup>).

## LIAISONS TÉLÉPHONIQUES EN HAUT-PARLEUR



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

Voici quelques avantages particuliers aux appareils « INTERVOX » :

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

Ministères, administrations, services publics, cliniques, etc.

SOCIÉTÉ INTERVOX

135, avenue du Général-Michel-Bizot, Paris (12<sup>e</sup>).

Tél. : Diderot 03.92.

Documentation sur demande.

## LA SUPPRESSION DES VIDANGES D'HUILE

Les FILTRES SOFRANCE sont des épurateurs d'huile se montant directement sur les voitures automobiles, les camions, les poids lourds, les autocars et tracteurs et permettant la suppression totale des vidanges d'huile par suite du maintien constant de celle-ci en état de propreté.

Les FILTRES SOFRANCE, tout en réalisant une économie massive sur les achats d'huile, permettent aussi et surtout de réduire considérablement l'usure du moteur, puisque celui-ci se trouve toujours lubrifié avec une huile rigoureusement propre.

Le FILTRE SOFRANCE se compose de trois parties :

- une cuve inférieure avec bouchon de vidange ;
- une cuve supérieure ;
- une plaque portant les éléments filtrants.

Ces derniers sont composés de disques d'une matière spéciale, imperméables à l'huile, empilés sur des tiges et pressés par des ressorts.

Le fonctionnement est extrêmement simple et automatique. Dès que le moteur est mis en marche, l'huile arrive par l'effet de la pression de la pompe en dérivation dans la cuve inférieure par D. Elle passe entre chaque disque, laissant à la périphérie tout ce qui n'est pas molécule d'huile (même l'eau ne peut passer, puisque la finesse de filtration est de 1/20 000 de mm), pour arriver par l'intérieur des éléments filtrants dans la cuve supérieure. Elle y comprime l'air qui s'y

trouve et, lorsque la pression est suffisante, le clapet C s'ouvre et l'huile épurée retourne au carter.

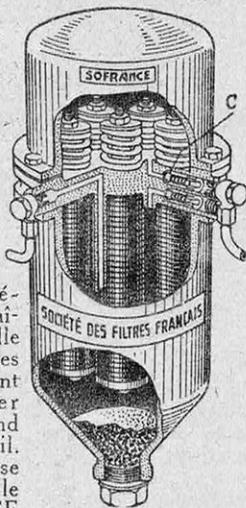
A chaque arrêt du moteur, la pression d'air comprimé de la cuve supérieure fait redescendre l'huile filtrée à l'intérieur des éléments et la fait passer à contre-courant, de l'intérieur

vers l'extérieur, entraînant avec elle la couche des boues qui vont se déposer dans le fond de l'appareil. A la remise en route, le SOFRANCE est propre et à nouveau prêt à filtrer, lorsque le moteur est remis en marche.

Il peut fonctionner ainsi pendant 300 000 km en ayant soin de vidanger les boues tous les 5 000 km en dévissant le bouchon de vidange se trouvant au bas de la cuve.

Renseignements et documentation détaillée sur demande à :

SOFRANCE-AUTOMOBILE,  
32, boulevard Haussmann, Paris (IX<sup>e</sup>).



**DEVENEZ VITE COMPTABLE**

Préparez les examens officiels d'État.

Si vous aimez les chiffres, vous découvrirez vite qu'apprendre la comptabilité par correspondance au moyen de la sympathique méthode d'enseignement Caténale est véritablement un jeu.

Demandez la documentation gratuite N° 1662. Ne pas joindre de timbres. École Française de Comptabilité, 91, avenue République, Paris.

**VOTRE ÉCRITURE**

vous révélera votre caractère. Les lettres de vos AMIS, de vos futurs COLLABORATEURS, vous permettront de les connaître et de les juger... Demandez notre

Tarif analyses, n° 7,  
BUREAU TECHNIQUE  
DE GRAPHOLOGIE,

67, rue de Chabrol, Paris (IX°)

**LA RADIOÉLECTRICITÉ  
RÉVOLUTIONNE LA VIE  
MODERNE, ELLE VOUS  
PERMETTRA DE GAGNER  
DAVANTAGE**

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

enviable, stable et très rémunératrice. Il vous suffit de suivre notre méthode facile et attrayante d'enseignement par correspondance comportant des travaux pratiques sérieux. Aucune connaissance spéciale n'est demandée. Vous deviendrez ainsi facilement et rapidement radiotechnicien diplômé, artisan patenté, spécialiste militaire, chef monteur industriel et rural. Nous avons été les premiers à fournir à nos élèves du matériel électro-mécanique en réduction et TOUT le matériel de T. S. F. leur permettant de construire, sous notre direction, deux postes récepteurs COMPLETS en ordre de marche, sur courant alternatif ou courant continu, 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.

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

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

**VOUS NE POUVEZ PAS ÉCRIRE ?****AVEZ-VOUS DÉJÀ ESSAYÉ ?**

Avez-vous jamais tenté le moindre entraînement sous une direction compétente? Ou bien espérez-vous le miracle qui ferait de vous un écrivain du jour au lendemain? Si vous attendez ce miracle, vous n'écrirez jamais.

L'art d'écrire est un métier qui s'apprend comme tous les autres, en travaillant; aussi, l'École A. B. C. de Rédaction base-t-elle son enseignement sur un entraînement méthodique et régulier qui a conduit au succès nombre d'auteurs.

L'École A. B. C. de Rédaction a rendu le même service à des milliers d'élèves qui, sans aspirer à la gloire littéraire, étaient désireux d'améliorer leur style et de parvenir à une clarté et à une aisance parfaites dans la rédaction de leurs rapports, de leur courrier commercial ou personnel.

Demandez la brochure *L'Art d'écrire*, offerte gratuitement; cet ouvrage vous apportera des informations très complètes sur la méthode et le programme de l'École A. B. C. N'hésitez pas à nous écrire, nous pourrions vous conseiller utilement. (Joindre 9 fr. pour frais d'envoi.)

ÉCOLE A. B. C. (Rédaction R. 2)  
12, rue Lincoln, PARIS (8°).

**EFFICIENCY**

*Through Practicalness Knowledge.*

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

Petite publicité, mais grande qualité.

**COURS par CORRESPONDANCE AVIATION**

Des cours inspirés des méthodes alliées et leurs exercices d'application préparent, suivant leur degré: au personnel navigant, aux licences civiles aux E. O. A., aux cours supérieurs de navigation de l'armée.

**RADIO**

Des cours progressifs vous feront connaître radio, télévision, radar, et feront de vous un spécialiste par leurs travaux pratiques. Vous construirez, entre autres, un super complet avec ses lampes et son haut-parleur, qui restera votre possession.

**DESSIN INDUSTRIEL**

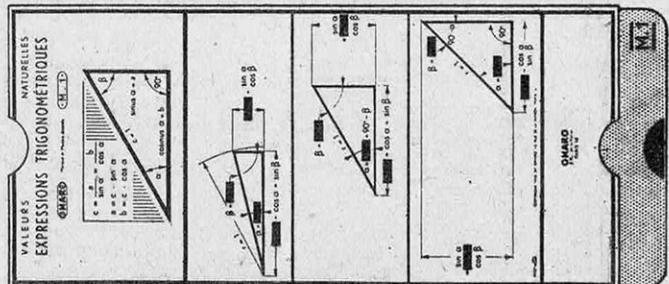
Des cours faits par des industriels et pour l'industrie, où la pratique suit et accompagne toujours la théorie, vous permettront d'acquies rapidement une situation privilégiée avec des salaires élevés et le confort du travail d'un ingénieur.

Trois techniques, mais une seule méthode et autant de chances de réussite qu'avec des cours sur place grâce à une direction assurée par des ingénieurs expérimentés, des industriels renommés et le général qui mit sur pied l'École de Guerre aérienne et ses exercices pratiques.

Demandez la brochure qui vous intéresse.

INSTITUT  
TECHNIQUE SUPÉRIEUR  
24, rue Jouffroy (Bureau 4)  
PARIS (17°)

**COURSEUR OMARO  
MODÈLE M1: 90 fr. franco  
EXPRESSIONS  
TRIGONOMÉTRIQUES**



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

T. S. F.

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

TELESON RADIO

Service Province E,  
33, avenue Friedland, PARIS (8<sup>e</sup>).

L'ESSENCE EST RARE...



chère et surtout de mauvaise qualité.

Elle provoque un calaminage rapide, le moteur « cliquette », les reprises sont médiocres.

Pour remédier à ces inconvénients et assurer le graissage rationnel et la protection des hauts de cylindre, il suffit d'ajouter :

UN COMPRIMÉ STICOÏDS  
à 5 litres d'essence.

STICOÏDS : la fortifiant des moteurs fatigués. La boîte de 40 comprimés (pour 200 litres) : 40 francs. Baisse générale assurée.

Vente en gros aux commissionnaires. S. T. I. C., 36, boulevard de la Bastille, Paris (12<sup>e</sup>). Tél. : Dor. 70-30.

LE MENTOR D'ANGLAIS...

...Vous garantit de vous apprendre à lire couramment l'Anglais par une initiation très rapide et facile aux vocabulaires et idiotismes anglais au cours de la lecture passionnante d'un roman d'aventures.

Méthode absolument nouvelle, brevets fr. et étr.

Un vol. relié et illustré 300 fr., chez tous libraires ou écr. MENTOR SV, 6, av. Odette, Nogent-sur-Marne (S.). Prochainement : Mentor d'Allemand.

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, chemin de fer de France et des Colonies ;
- Mécanicien - dépanneur des P. T. T.

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

Renseignements gratuits sur demande.

LA MACHINE A GRAVER  
"GRAVIT"



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

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

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

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

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

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

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



MONACO

Apprenez  
chez vous  
*Le Dessin*  
ET LA PEINTURE



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

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



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

Réclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'ÉCOLE INTERNATIONALE (Service SV. 73), Principauté de Monaco. Joignez simplement à votre demande vos noms et adresse, ainsi que 10 francs, à votre gré, pour frais de poste.



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

# LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

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

- |  |  |
|--|--|
| N° 32140. CLASSES SECONDAIRES COMPLÈTES : Baccalauréats.                                   | N° 32150. DUNAMIS (Culture mentale).   |
| N° 32141. CLASSES PRIMAIRES COMPLÈTES : Brevets.   | N° 32151. PHONOPOLYLOTTE (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol).             |
| N° 32142. ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licence ès Lettres.                                     | N° 32152. DESSIN ARTISTIQUE.   |
| N° 32143. COURS D'ORTHOGRAPHE.   | N° 32153. COURS D'ÉLOQUENCE.   |
| N° 32144. COURS DE RÉDACTION.  | N° 32154. COURS DE POÉSIE.   |
| N° 32145. FORMATION SCIENTIFIQUE (Math., Phys., Chimie).                                   | N° 32155. FORMATION MUSICALE.  |
| N° 32146. DESSIN INDUSTRIEL.   | N° 32156. INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES.                    |
| N° 32147. INDUSTRIE : Certificats d'aptitude professionnelle.                              | N° 32157. COURS DE PUBLICITÉ.  |
| N° 32148. RADIO, CERTIFICATS DE RADIO DE BORD (1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> classes). | N° 32158. CARRIÈRES DES P. T. T. et des TRAVAUX PUBLICS.                     |
| N° 32149. COMMERCE ET COMPTABILITÉ : Certificats d'aptitude professionnelle.               | N° 32159. ÉCOLES D'INFIRMIÈRES et ASSISTANTES SOCIALES, ÉCOLES VÉTÉRINAIRES. |

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels  
**ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS**  
16, rue du Général-Mallette, PARIS (16<sup>e</sup>).

RADIOMONTAGE \* LEÇON N° 6    CINÉMA \* N° 2    TÉLÉVISION \* N° 3    RADIO DÉPANNAGE \* N° 7    ÉLECTRICITÉ \* CON N° 1    ÉCLAIRAGISME \* CON N° 1    MOTEUR \* LEÇON N° 8

**★ UN LABORATOIRE sur votre TABLE!**

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

- **RADIOTECHNICIEN** ●
- 45 leçons modernes sur la Radio - la Télévision - le Cinéma - Dépannage et Construction, et 130 pièces contrôlées pour les montages pratiques.

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

Apprenez un métier passionnant et qui paie...

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

INSTITUT ÉLECTRO-RADIO  
16, rue de Téhéran, PARIS (8<sup>e</sup>)

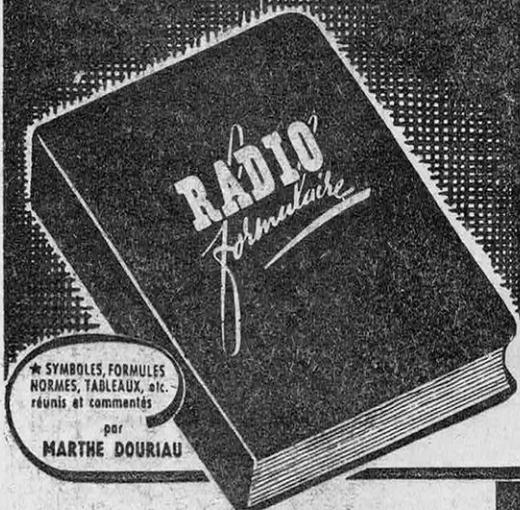
• NOM \_\_\_\_\_

• ADRESSE \_\_\_\_\_

Demandez tout de suite, contre 10-Fr. (en décomptant au recipient ce bon) notre Album **SY** "La Radio et ses applications, métiers d'avenir".

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

Enfin ! un aide-mémoire  
complet, moderne, indispensable  
à tout **RADIOTECHNICIEN**



Il contient en effet tous les éléments scientifiques de base nécessaires aux radiotechniciens pour l'interprétation des phénomènes électriques et radioélectriques.

L'ouvrage débute par un tableau des **symboles** utilisés en Radioélectricité, puis les **lois** fondamentales de l'électricité sont exposées et développées suivant leur répercussion sur la Radio : notions essentielles sur le **courant continu** et le **courant alternatif**, les **résistances** et **condensateurs**, etc...

La seconde partie, la plus importante, traite de la Radio-électricité et en aborde succinctement tous les problèmes : **longueurs d'ondes** et **fréquences**, **circuits oscillants**, **bobines d'inductance**, **changements de fréquence**, **lampes** (caractéristiques et fonctions), **filtres**, **transformateurs**, **acoustique**, etc...

C'est au praticien que s'adresse tout particulièrement la troisième partie, consacrée à des tableaux de renseignements les plus divers, allant de l'alphabet Morse à un vocabulaire technique anglais.

Le livre se termine par un rappel d'éléments de mathématiques relatifs à l'arithmétique, la géométrie, la trigonométrie et l'algèbre.

Il semble malaisé de traiter tant de sujets en si peu de pages et l'on pourrait craindre qu'un peu de confusion règne dans ce formulaire, il n'en est rien fort heureusement. L'auteur, par une rédaction concise, et l'éditeur, par une présentation soignée, sont parvenus à réaliser un instrument de travail dont tous les étudiants et techniciens pourront tirer profit.

Un ouvrage de 128 pages avec 68 figures sous forte couverture imprimée en deux-couleurs. Format de poche (100 x 150 mm.).

Prix

**150**

Expédition immédiate, et franco contre mandat de 175 frs (Sur ces prix baisse officielle en vigueur.)

**SCIENCES et LOISIRS**

17, av. de la République, PARIS-XI<sup>e</sup>

C. C. P. PARIS 3793.13

# Anglais Espagnol Allemand Russe

en un "temps record"

Vous parlerez la langue de votre choix en très peu de temps avec un accent impeccable « comme si vous aviez vécu dans le pays même ». Vous n'y croyez pas ? Alors renseignez-vous sur la méthode Linguaphone et vous serez vraiment émerveillé.

## QUEL EST DONC LE SECRET DE LINGUAPHONE ?

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



C'est bien facile : tranquillement installé chez vous, avec votre phono, les disques et les livres de la méthode Linguaphone, vous étudiez à l'heure qui vous convient.

Du reste, vous pouvez faire un essai gratuit, chez vous, pendant toute une semaine. Une nouvelle brochure vient d'être éditée : elle explique combien il est facile d'apprendre une langue par Linguaphone.

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

Écrivez sans tarder, cette brochure vous sera envoyée gratuitement. Vous y trouverez une documentation complète et vous saurez comment faire cet essai gratuit, chez vous, sans aucun engagement. Stipulez la langue qui vous intéresse.

Linguaphone vient de recevoir de nouvelles séries de disques : Anglais, Espagnol, Allemand. Hâtez-vous d'en profiter !

# LINGUAPHONE

(Dépt. 64), 12, r. Lincoln, PARIS (8<sup>e</sup>)



Il vous enseignera par correspondance sa méthode d'éducation scientifique de l'esprit, véritable *méthode de Travail, de Pensée et d'Action*, qui permet de vaincre la timidité, de développer la mémoire et la volonté, de forger le caractère.

En 1946, 132 389 personnes : Chefs de service, Ingénieurs, Cadres de maîtrise, Médecins, Professeurs, Avocats, Fonctionnaires, Étudiants, Employés, Ouvriers, ont été élèves de l'Institut PELMAN dans le monde entier. Grâce à lui, ils ont réussi dans leurs entreprises.

Établissements à Londres, New-York, Amsterdam, Stockholm, Dublin, Melbourne, Toronto, etc.

Demandez la documentation N° VI. 23 à l'INSTITUT PELMAN, 176, boulevard Haussmann, PARIS (VIII<sup>e</sup>).



## 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 CORRESPONDANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

SITUATIONS D'AVENIR  
INDÉPENDANTES ASSURÉES

Documentation gratuite contre 6 francs pour frais d'envoi

ÉCOLE TECHNIQUE  
DE REPORTAGE  
8, boulevard Michelet, 8  
TOULOUSE

## JEUNES GENS III

sans quitter votre emploi actuel

ASSUREZ VOTRE AVENIR !

CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE REMUNÉRATRICE !

**LA RADIO** manque de spécialistes

Il faut des **RADIOTECHNICIENS** dans

**L'ARMÉE, L'AVIATION, la MARINE**

**L'INDUSTRIE, le COMMERCE, l'ARTISANAT**

Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur

Cours de tous les D E G R E S sous leur direction

Préparation aux diplômes officiels vous monter un P O S T E

Envoi du matériel

à DOMICILE

P L A C E M E N T A S S U R É

LA RADIO LA RADIO

## ÉCOLE PRATIQUE

D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone - PARIS-VII<sup>e</sup>

Cours par correspondance

Demandez notre documentation gratuite N° 45

APPRENEZ

## L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

sans connaître les mathématiques!



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

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

**BON** 79 D

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



**AVEC VOUS**  
*jusqu'au Succès final!*

**RADIO-CINÉMA-AVIATION**

**JEUNES GENS... JEUNES FILLES...**

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

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

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

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

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

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

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



**CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES ET ARTISTIQUES**

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

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL**

152, Avenue de Wagram, PARIS (17<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.

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

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

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

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

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

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

# Stephens'

LA MEILLEURE DES  
ENCRES ANGLAISES  
fabriquée en FRANCE



l'opéra de Rosso



EXTRAIT de "SCIENCE et VIE"



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

# Stephens'

le stylo qui a du style



ROYAL

PIPO

COMPAGNIE DES ENCRES  
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2.625.000 FRANCS  
87 RUE DEGUINGAND  
LEVALLOIS-PERRET (SEINE)