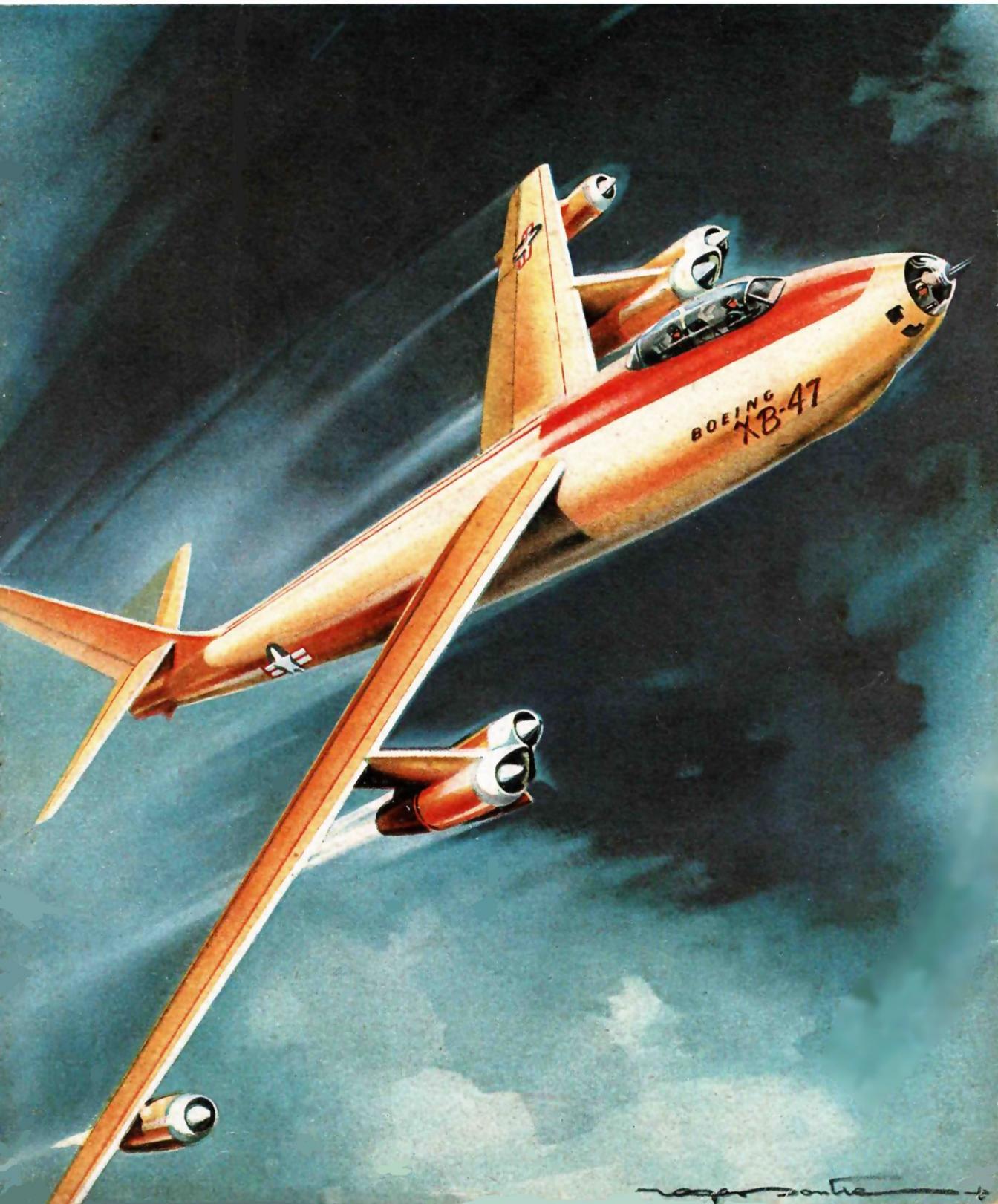


SCIENCE ET VIE

AVRIL 1948

N° 367

50 FRANCS



PIPO



rempli d'encre à **STYLO**
BLEU NOIR ou **BLEU RADIO**
extra fluide de luxe



La
meilleure des
ENCRES ANGLAISES
fabriquées en FRANCE

STEPHENS' BILL
No 7 bis

No 1 a niveau visible

EXTRAIT DE PRESSE

Le système breveté du STEPHENS' ROYAL, en supprimant toute pression verticale, évite tout danger d'abîmer les bords 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



COMPAGNIE DES ENCRE
37, RUE DEGUINGAND
LEVALLOIS-PERRET
(Seine)



TOUJOURS BIEN RASÉ !

L'ÉTUI DE 21 fr.
5 LAMES

DUFURNET

Lame française de qualité, qui grâce à un outillage ultra moderne **unique en Europe**, satisfait une clientèle chaque jour croissante sans limitation de quantité

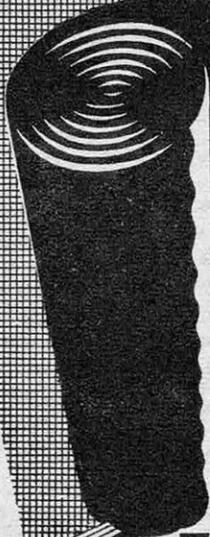
LAME · RASOIR · CREME

LAMES DE RASOIR R. BELINE, 21, RUE AUBER, PARIS



CH. LEMONNIER

PRODUCTION DOUBLÉE



ASFEUTROÏD
le feutre asphalté solide
BITUMOR
le carton bitumé souple
FEUTRE IMPRÉGNÉ
CHAPPE ASPHALTÉE
CIMENT VOLCANIQUE
MASTICS BITUMEUX et tous
les accessoires, CLOUS,
RONDELLES, COLLES, ENDUITS.

Tous les produits d'étanchéité

L'ASFEUTROÏD

le feutre asphalté solide

USINE ET SERVICE COMMERCIAL à MONTSOULT (S. & O.)

Ceci intéresse
tous les jeunes gens et jeunes filles,
tous les pères et mères de famille.

JEUNES GENS

qui vous sentez attirés par les

CARRIÈRES DE LA RADIO

CHOISISSEZ, entre les divers emplois qu'elles vous offrent, celui qui convient le mieux
à vos aptitudes,
à votre goût,
à votre savoir.

CONFIEZ votre préparation au concours ou à l'examen que vous aurez à subir et votre formation professionnelle à

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

Son prestigieux enseignement par correspondance vous permettra de
RÉUSSIR BRILLAMMENT sans quitter votre domicile, sans interrompre vos études ou vos fonctions actuelles,

sans perte de temps,
sans surmenage,
sans frais inutiles.

dans l'une des spécialités suivantes:

Si vous marquez une préférence pour la
vie sédentaire :

Technicien de la Radio dans l'industrie privée
(monteur, radiodépanneur, sous-ingénieur);

Télémechanicien (Armée de l'Air);

Opérateur radioélectricien (Service des Télé-
communications de l'Aéronautique civile).

De nombreux et brillants succès prouvent l'efficacité inégalée des méthodes de l'**ÉCOLE UNIVERSELLE**.

La brochure n° 50 459, relative aux **Carrières de la Radio**, vous sera expédiée gratuitement sur demande.

Si vous vous sentez des aptitudes spéciales pour la
vie active :

Opérateur radiotélégraphiste;

Opérateur radiotéléphoniste dans l'Armée de
l'Air, l'Aviation commerciale, dans la Marine de
guerre, la Marine marchande;

Certificats internationaux de Radio de bord
(1^{re} et 2^e classes).

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE

vous met en outre en mesure, quels que soient votre âge et votre situation actuelle, de faire chez vous, en toutes résidences, aux moindres frais, des études complètes dans toutes les branches, de vaincre avec une aisance surprenante les difficultés qui vous ont jusqu'à présent arrêtés, de conquérir en un temps record le diplôme ou la situation dont vous rêvez.

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

Br. 50 440 : **Enseignement secondaire** : Classes complètes, depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

Br. 50 441 : **Enseignement primaire** : Classes complètes; préparation au C. E. P., Bourses, Brevets, etc.

Br. 50 442 : **Enseignement supérieur** : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

Br. 50 443 : **Grandes Écoles spéciales.**

Br. 50 444 : **Pour devenir Fonctionnaire** : Administrations financières, P. T. T., École nationale d'Administration.

Br. 50 445 : **Carrières de l'Industrie, des Mines et des Travaux publics** : Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

Br. 50 446 : **Carrières de l'Agriculture et du Génie rural.**

Br. 50 447 : **Commerce, Comptabilité, Industrie hôtelière, Assurances, Banque, Bourses, etc...** : Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

Br. 50 448 : **Orthographe, Rédaction, Calcul, Écriture.**

Br. 50 449 : **Langues vivantes, Tourisme, Interprète, etc...**

Br. 50 450 : **Carrières de l'Aviation militaire et civile.**

Br. 50 451 : **Carrières de la Marine de guerre.**

Br. 50 452 : **Carrières de la Marine marchande** (Pont, Machines, Commissariat).

Br. 50 453 : **Carrières des Lettres** (Secrétariat, Bibliothèque, etc.).

Br. 50 454 : **Études musicales** : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

Br. 50 455 : **Arts du Dessin** : Professorats, Métiers d'art, etc...

Br. 50 456 : **Couture, Coupe, Mode, Lingerie, etc.**

Br. 50 457 : **Arts de la Coiffure et des Soins de Beauté.**

Br. 50 458 : **Carrières du Cinéma.**

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS; — chemin de Fabron, NICE; — 11, place Jules-Ferry, LYON.

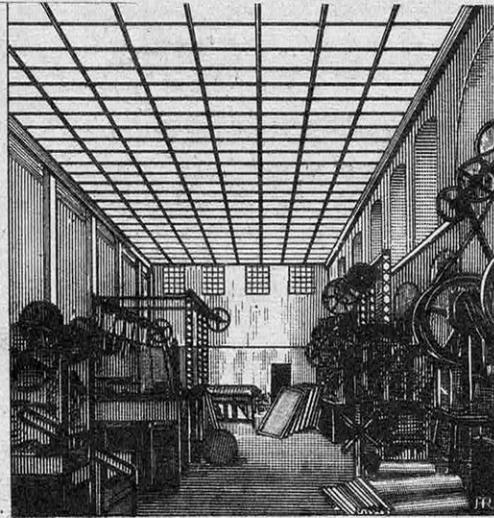
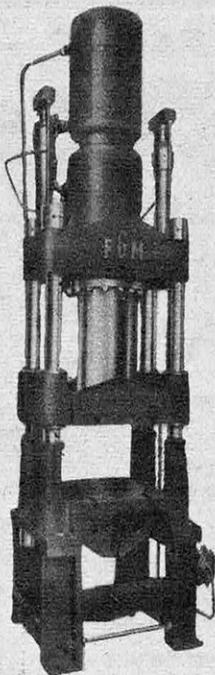
PRESSES A MOULER

PAR
COMPRESSION
TRANSFERT
INJECTION

Éts **GAMONDI**
65, VIA LOMAZZO
MILAN
(ITALIE)

REPRÉSENTANTS POUR LA FRANCE
Société O. M. O. S.
10, rue du Delta, PARIS (9^e)
Téléphone 26-67

REPRÉSENTANTS DEMANDÉS
POUR AUTRES PAYS



En ÉTÉ : Luttez efficacement contre la chaleur incommode de vos locaux.

En HIVER : Économisez 50 % sur votre chauffage. Évitez de nombreux arrêts dans le travail.

Contre la Chaleur, contre le froid

Sous-Plafonds isolants et transparents JYKA

Éts. JACQUOT-KERLOUET, 8, rue de la Michodière, PARIS - RIC. 42-41

Avec sa **RECHARGE...**

Corrector
efface la **HAUSSE!**

Pour effacer les taches d'encre rien ne remplace **Corrector**

*Mais gardez vos flacons
nettoyez les bien...*

et **REFAITES
VOUS-MÊME
un Corrector
frais et efficace
avec les**

RECHARGES

50%
moins
cher

Corrector

Et retenez bien ceci... avec Corrector on efface comme on écrit!



PASSE-TEMPS PROFITABLE —

Voulez-vous
SAVOIR DESSINER?

DES MILLIERS ONT RÉUSSI
par la **MÉTHODE A.B.C.**

**SI VOUS SAVEZ ÉCRIRE...
VOUS POUVEZ DESSINER...**

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



Cette jolie silhouette à la sanguine est l'œuvre délicate d'un de nos élèves devenu maintenant professionnel.



* Remarquable portrait plein de vérité, exécuté avec finesse et habileté par un élève de nos cours par correspondance

RENSEIGNEZ-VOUS Grâce à cette étonnante méthode, vous pourrez chez vous apprendre tout seul à dessiner non pas d'impersonnelles copies, mais de véritables croquis, des études directes d'après nature. Ce sera pour vous, dès la première leçon, d'un intérêt passionnant. Et si vous envisagez la vente de vos dessins, ils seront d'un rendement très appréciable.

GRATUIT

Demandez la curieuse brochure illustrée (offerte gratuitement) où sont exposés les principes de cette nouvelle méthode et les moyens de vous spécialiser, sans frais supplémentaires, si vous le désirez.



Envoyez
ce
Coupon
pour
ALBUM
GRATUIT

ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN (Studio G. 25)

12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris (8^e)

Veuillez m'envoyer, sans engagement, votre album de renseignements sur la méthode A.B.C. (Ci-joint 12 francs pour frais.)

- COURS POUR ADULTES (Rayer la mention inutile)
- COURS POUR ENFANTS

NOM.....

ADRESSE.....

Pour la Belgique : 18, rue du Méridien, BRUXELLES

**AGRICULTEURS !
ARBORICULTEURS !**

*A temps modernes...
Technique moderne*

POUR TOUS TRAVAUX DE DÉROCHAGE
DESSOUCHAGES — SOUS-SOLEMENTS
— IMPLANTATIONS DE FRUITIERS —

EMPLOYEZ :

L'EXPLOSIF AGRICOLE

ARGENTON-SUR-CREUSE (Indre)

Téléphone 3-57

Renseignements gratuits
au Comptoir d'Explosif du Centre

Un bon tuyau!...

...branché sur une canalisation de gaz
ou sur une source d'acétylène.



SUFFISANT pour braser et souder à basse température, **sans air comprimé, sans oxygène**, tous nos modèles disponibles. En vente chez les bons quincailliers et spécialistes en fournitures industrielles.

Voir nos informations à la rubrique:

"SCIENCE ET VIE PRATIQUE"

Etablissements Edgar BRANDT

52, Champs-Élysées — PARIS (8^e)
Téléphone Ely. 18-87 — Bol. 36-26

2-48

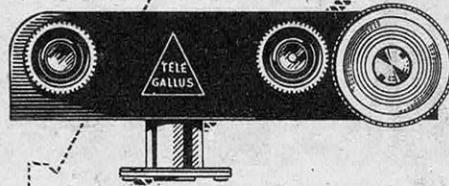
SODICU

Netteté

DE VOS PHOTOS
PAR L'APPRECIATION
EXACTE DE
LA DISTANCE

*

**TÉLÉMÈTRE
DE GRANDE PRÉCISION**



CALLUS



S'ADAPTE SUR TOUS LES APPAREILS PHOTOS

LA RADIO



S'APPREND AUSSI PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.



12 RUE DE LA LUNE PARIS

PLUS DE 70 % des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves de l'École (résultats contrôlables au Ministère des P. T. T.)

SEULE L'ÉCOLE CENTRALE DE T. S. F.
peut vous donner la garantie d'un pareil coefficient de réussite

guide des carrières gratuit sur demande.

SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DU DOUBS

106, RUE LAFAYETTE - PARIS - Métro : Poissonnière - Gare du Nord



LA JOIE D'OFFRIR...

2513. **Forme sport**, boîtier chromé, fond acier inoxydable. **3.485.»**

Qualité luxe.... **4.485.»**
Supplément pour verre optique **400.»**

2511. **Boîtier chromé**, fond acier inoxydable. **3.285.»**

Qualité de luxe. **3.585.»**

Supplément pour verre optique **400.»**

2520. **Boîtier très plat**, fond acier inoxydable. **1.900.»**

Qualité de luxe. **2.750.»**

2519. **WATERPROOF STAINLESS.** **2.997.»**

Qualité de luxe. **3.885.»**

2514. **Boîtier chromé**, fond acier inoxydable **3.485.»**

Qualité de luxe.... **4.885.»**

2516. **Boîtier chromé**, acier inoxydable, verre optique. **2.950.»**

Qualité de luxe.... **3.450.»**

la montre de qualité

Bulletin de garantie S. H. D. avec chaque montre.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

152, avenue de Wagram
 ——— PARIS (XVII^e) ———

Enseignement par correspondance

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

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

SCIENCES PHYSIQUES De même que pour les Mathématiques, cours à tous les degrés pour la Physique et la Chimie.

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

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

C. A. P. Préparation aux C. A. P. d'Ajustage et d'Électricité.

DESSIN Cours de Dessin Industriel en Mécanique, Électricité, Bâtiment. Préparation aux C. A. P. de Dessinateurs.

BÂTIMENT Cours de Commis, Métreur, et Technicien.

CHIMIE Cours d'Aide-Chimiste, Préparateur, Sous-Ingénieur et Ingénieur en Chimie Industrielle.

CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES Cours de Monteur, Dessinateur, Technicien, Sous-Ingénieur.

AVIATION CIVILE Préparation aux Brevets de Navigateur Aérien, de Mécanicien d'Aéronef et de Pilote.

ARMEMENT Préparation aux concours d'Agent Technique de l'Aéronautique et d'Ingénieur Militaire des Travaux de l'Air.

MARINE MARCHANDE Préparation à l'examen d'entrée dans les Écoles Nationales de la Marine Marchande (Pont, Machine et T. S. F.), Préparation directe au Brevet d'Officier Mécanicien de 2^e classe et Capitaine Marine Marchande (Théorie).

MARINE MILITAIRE Concours d'entrée dans les Écoles de Maistrance et d'Élèves Ingénieurs Mécaniciens.

T. S. F. Préparation aux carrières de la Radio : P. T. T., Aviation, Marine, Construction Industrielle, Dépannage.

COMMERCE Préparation aux emplois de Secrétaire et de Comptable.

Envoi des programmes N 17 S de chaque section contre 10 francs en timbres ou mandat pour les Colonies et l'Étranger.

Indiquer la section désirée.

10 Litres
Carburant Auto

Plus

STICOÏDS

= 11 Litres d'Essence!

STICOÏDS supercarburant
DECALAMINANT

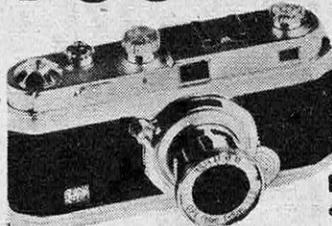
Chez votre garagiste

La boîte d'essai de 40 comprimés (pour 200 litres)
Franco : 64 frs. Payable par mandat, chèque bancaire ou chèque postal (Paris 329.72).



36, Bd de la Bastille, Paris-12^e

En service dans 32 pays. le

FOCA est de classe internationale

Il doit son succès à l'heureuse association du

PERFECTIONNEMENT
et de la **SIMPLICITÉ**

★ Son viseur-télémetre, couplé avec l'objectif, assure une mise au point automatique rigoureusement exacte et instantanée.

★ Ses sept vitesses d'obturation, s'échelonnant de la pose au 1/1000^e de seconde, permettent de saisir toutes les images, même les plus fugitives.

★ Son dos ouvrant facilite le chargement et rend possible, à tout moment, le développement de quelques vues sans attendre que le film soit entièrement impressionné.

★ Son objectif à quatre lentilles fluorurées sous vide, d'une définition et d'une luminosité incomparables, est amovible et peut être utilisé pour la projection ou l'agrandissement.

Entièrement conçu et réalisé par la Société Optique et Précision de Levallois; spécialisée depuis plus de 25 ans dans la fabrication des instruments d'optique utilisés par la Marine Française, le FOCA est un appareil de haute précision.

APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE



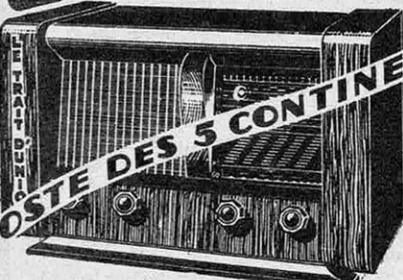
Exposition, démonstration et service commercial
4, rue Scribe, Paris IX^e - Opéra 59-41 à 43

Vente exclusive par nos revendeurs spécialistes accrédités.

utilisant le film standard
36 mm format 24 x 36

9 GAMMES

RÉCEPTEUR METROPOLITAIN ET COLONIAL 9 LAMPES
PUSH PULL



LE POSTE DES 5 CONTINENTS

Dim. 62 x 38 x 33 cm

6 BANDES ONDES COURTES ÉTALÉES
19 circuits accordés. Cerveau électronique
HAUTE FIDÉLITÉ et RELIEF MUSICAL
PLUS DE 200 STATIONS REÇUES
avec la précision du Radar

DOCUMENTATION ILLUSTRÉE 16 PAGES. — Réf. 222
avec schémas détaillés et réalisation descriptive
par Géo MOUSSERON. Joindre 15 fr. en timbres.
Env. documentation Colon. par avion. Joindre 375 fr.

RADIO - SÉBASTOPOL
100, Bd SÉBASTOPOL, PARIS

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

PARQUES & G. LEBEUF

VERITABLE PORCELAINE

Nous sommes enfin en mesure de fournir à notre clientèle pour la première fois depuis la guerre, des services de table en VÉRITABLE PORCELAINE 1^{er} CHOIX

A TITRE DE RÉCLAME,
nous avons sacrifié une centaine de services à un prix publicitaire dont bénéficieront les cent premiers lecteurs qui nous en feront la demande.

Le SERVICE de 44 PIÈCES qualité très fine garanti 1^{er} choix, décors artistiques, composé de : 12 assiettes plates, 12 assiettes creuses, 12 assiettes à dessert et 8 grands plats (soupière, saladier, saucière, compotier, plat à tarte, plat ovale, plat creux, plat plat), façon très élégante, forme harmonieuse.

Au prix exceptionnel de :
(Assurance tous risques, casse, etc. compris).

Envoi contre remboursement ou mandat joint à la commande.

La quantité étant limitée, il ne pourra être tenu compte que des 100 premières commandes, livrables au prix de réclame ci-dessus.

Renseignez-vous sur nos prix pour nos services 74 pièces, services à café, services à thé, etc.

Adressez vos commandes immédiatement et directement au service B

ÉTABLISSEMENTS FRANCE-NÉGO
87, rue Réaumur, PARIS (2^e)

17.800^F

AVEC VOUS

jusqu'au succès final!

JEUNES GENS,

Voire réussite à l'examen, au concours qui doivent vous permettre de réaliser votre ambition dépend de la qualité de l'enseignement que vous recevrez et de l'aide que vous apporteront vos professeurs : c'est dire l'importance de votre choix.

Choisissez votre Ecole

LE CENTRE D'ETUDES TECHNIQUES

qui reçoit journallement depuis des années de ses nombreux élèves les témoignages de la plus vive satisfaction (visibles à nos bureaux),

RECOMMANDE A TOUS LES JEUNES

désireux d'acquérir une formation complète dans la spécialité qui les intéresse les écoles placées sous sa direction :

● ECOLE GENERALE RADIOTECHNIQUE

Formation des techniciens de l'industrie radioélectrique : monteurs-dépanneurs, aëssiinateurs, sous-ingénieurs, ingénieurs.

D'opérateurs radiotélégraphistes :

pour la marine marchande, l'aéronautique civile, l'armée, les colonies, les grandes administrations (Ministères : Air, Guerre, Marine, Intérieur, radio-police).

CERTIFICATS OFFICIELS de 1^{re} et de 2^{me} CLASSE et SPÉCIAL d'opérateurs projectionnistes : préparation aux brevets officiels.

● ECOLE GENERALE AERONAUTIQUE

Préparation aux brevets : de pilote, de navigateur, de radio et de mécanicien navigant.

● ECOLE GENERALE PHOTOGRAPHIQUE

Formations de techniciens de laboratoire, de portraitistes (opérateurs de studio d'art et de reporters photographes).

COURS DE PERFECTIONNEMENT

pour les professionnels et d'initiation pour les amateurs.

● ECOLE GENERALE ADMINISTRATIVE

Préparation au certificat d'aptitude professionnelle : aide-comptable, au brevet professionnel de comptable et à l'examen préliminaire d'expert-comptable.

COURS ÉLÉMENTAIRES DE COMPTABILITÉ

à l'usage des petits artisans, des commerçants, des membres des professions libérales et des agriculteurs.

Aux fonctions de secrétaire-comptable et de correspondancier.

Ces écoles doivent leur réussite à des professeurs particulièrement dévoués appliquant les méthodes les plus modernes et les plus adaptées pour les

ETUDES PAR CORRESPONDANCE

Quels que soient sa **résidence, ses occupations habituelles et son niveau d'instruction**, tout candidat peut donc sans **aucun déplacement**, dans un **minimum de temps** et **aux moindres frais**, effectuer les études nécessaires à une spécialisation technique dont dépendra tout son avenir.

INSCRIPTION A TOUTE ÉPOQUE DE L'ANNÉE

GRATUITEMENT et par RETOUR de COURRIER

vous recevrez en vous recommandant de *Science et Vie*, tous renseignements sur l'Ecole qui vous intéresse, et les programmes détaillés des Cours ayant retenu votre attention.

ÉCRIVEZ-NOUS

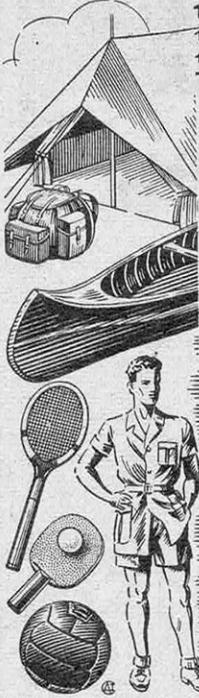
ÉCRIVEZ-NOUS

CENTRE D'ETUDES TECHNIQUES

69, RUE LOUISE MICHEL • LEVALLOIS-PERRET (Seine)

SPECIAL CAMPING

16. BOULEVARD VOLTAIRE. PARIS
11. COURS LIEUTAUD. MARSEILLE
17. Rue du MARECHAL JOFFRE. RENNES



Grand choix de
- TENTES - SACS A DOS -
- MATELAS PNEUMATIQUES
- SACS DE COUCHAGE -
- LITS DE CAMP - USTENSILES
et VÊTEMENTS DE CAMPING

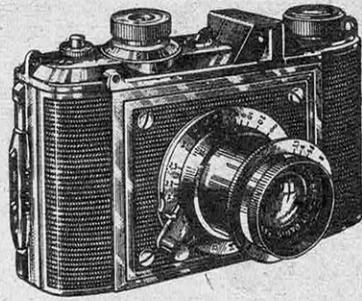
CANÔES BOIS ET ALU-BLOC
KAYACKS PLIANTS
ET RIGIDES
BATEAUX DE PÊCHE, etc...

Tous les articles de sport :
TENNIS - PING-PONG
ATHLÉTISME - FOOTBALL, etc

VÊTEMENTS DE TOILE
BLOUSONS - WINDJACKS
- PANTALONS GOLF -
MAILLOTS DE BAIN
SWEAT-SHIRTS
IMPERMÉABLES

Catalogue S Camping
ou Vêtements contre 10 francs

COLAS - PIRELLI



**PHOTO
CINÉ
RADIO**

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE, PARIS 9^e

Catalogue T - 10 frs Fco

LES LIVRES
que vous cherchez ...

... nous les avons
certainement !
Venez nous rendre
visite - ou passez votre
commande à la

**LIBRAIRIE
TECHNIQUE ET
COMMERCIALE**

28, RUE D'ASSAS, PARIS (6^e)

Les Cloisons s'effacent..

UN TÉLÉPHONE IDÉAL
EN HAUT PARLEUR
VOUS ASSURANT
UNE LIAISON DIRECTE
ET SÉPARÉE ENTRE
TOUS VOS SERVICES

avec INTERVOX
S.A.R.L.

135. AV. DU GÉNÉRAL MICHEL BIZOT (6 RUE VICTOR CHEVREUIL)
PARIS 12 - Tel. DID 03-92

Demander Notice 27.



MARC SAUREL

Les raisons d'un prodigieux succès :

Le cours de dessin par correspondance **LE DESSIN FACILE** connaît un prodigieux succès. Car Marc SAUREL, qui est le véritable créateur de l'enseignement du dessin par correspondance, qu'il pratique depuis trente-cinq ans, profitant de son incomparable expérience, a complètement renouvelé ses méthodes. Ses leçons sont vivantes, lumineuses, dynamiques et accompagnées de splendides planches photographiques.

Chaque élève reçoit un véritable enseignement particulier, tous ses dessins sont corrigés et commentés avec soin en sorte que les progrès sont surprenants. Si vous aimez le dessin, Marc SAUREL fera fleurir le talent personnel que peut-être vous portez en vous-même.

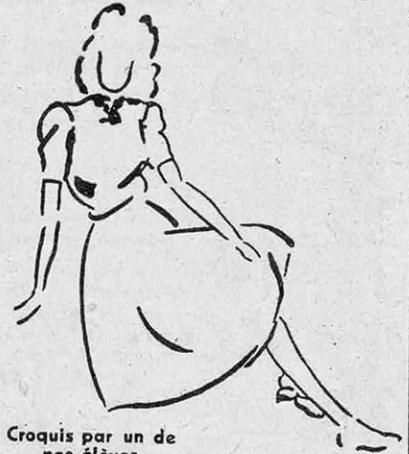
Dès les premières leçons, vous connaîtrez la joie de créer. En dix mois vous deviendrez un excellent dessinateur dont l'aisance et la maîtrise auront remplacé la maladresse et la timidité des débuts.

UN DE CES COURS VOUS INTÉRESSE :

LE DESSIN FACILE : croquis, paysage, portrait.

COURS SPÉCIAUX sur : Peinture, Illustrations, Publicité, Dessin animé, Mode, Dessin industriel. Cours pour enfants de 6 à 12 ans.

Une jolie brochure illustrée de 20 pages, véritable initiation à l'art captivant du dessin, vous sera envoyée contre ce bon et 15 francs en timbres. Précisez le genre qui vous intéresse.



Croquis par un de nos élèves

LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

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

Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent 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 21 (section dessin industriel) au **DESSIN FACILE**, 11, rue Keppler, Paris (XVI^e). (Joindre 12 francs en timbres.)



LE DESSIN FACILE

11, RUE KEPPLER, PARIS - 16^e

BELGIQUE : 204, CHAUSSÉE DROGENBOSCH UCCLE - BRUXELLES



« J'AI GAGNÉ LA BATAILLE DE MA VIE »

C'est en ces termes qu'un adhérent du Système PELMAN a reconnu les effets décisifs qu'il avait obtenus par la pratique régulière de cette **méthode scientifique de travail, de pensée, d'action.**

En suivant les conseils que vous dicte une expérience psychologique acquise en cinquante-huit ans dans le monde entier, vous gagnerez vous aussi, sûrement, la bataille de votre vie; vous deviendrez maître de votre destinée grâce à vos qualités accrues de caractère et d'intelligence.

Jusqu'ici, vous n'avez appris que par l'empirisme quotidien à développer volonté, concentration, imagination créatrice, jugement, assurance, autorité, ces qualités-clés qui, beaucoup plus que les diplômes, font d'un homme un chef.

Aujourd'hui, si vous vous sentez inférieur à ce que vous méritez d'être, ne perdez pas l'occasion de réaligner rationnellement et rapidement votre personnalité.

Demandez la brochure n° VI-8 contre 20 francs en timbres pour frais d'envoi.

INSTITUT PELMAN, 176, boulevard Haussmann, Paris.
LONDRES — DUBLIN — AMSTERDAM — NEW YORK
JOHANNESBURG — STOCKHOLM — MELBOURNE, etc.

JEUNES GENS III

sans quitter votre emploi actuel

ASSUREZ VOTRE AVENIR !

CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE REMUNÉRATRICE !

LA RADIO manque de spécialistes dans

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

SUIVEZ NOS COURS PAR CORRESPONDANCE

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

VOUS RECEVREZ GRATUITEMENT LE MATÉRIEL NÉCESSAIRE AU MONTAGE D'UN RECEPTEUR MODERNE QUI RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ



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

ÉCOLE PRATIQUE
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, RUE DE BABYLONE — PARIS-VII^e

EN STOCK

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

L'ÉLECTRICITÉ ET L'AUTOMOBILE. Rappels de notions indispensables d'électricité. Principe, constitution, principaux types, branchement, entretien et dépannage des : accus, dynamos, chargeurs, démarreurs, etc. Tout ce qu'il faut savoir de l'allumage, de l'éclairage et de l'équipement radioélectrique. Édition 1948..... 265

LA PRATIQUE DE LA MOTO. Tout ce qu'il faut savoir sur la moto et ses différents accessoires. La conduite, l'entretien et le dépannage rationnel. Nombreuses illustrations. Édition 1948..... 280

LE DÉPANNAGE PRATIQUE DES POSTES RÉCEPTEURS RADIO, par Géo-Mousseron. Enfin, un vrai traité de dépannage par le plus ancien vulgarisateur de la radio. Tout y a été traité en détail et rien n'a été omis pour faciliter les recherches. Vérification des accessoires, de tous les types de récepteurs y compris monolampes et récepteurs à cristal, amplis BF, tourne-disques etc. Construction par l'amateur d'appareils de mesure et de contrôle, etc. Édition 1948... 195

MA MAISON. Tout ce qui concerne la construction et l'entretien de la maison par l'amateur, ainsi que les réparations et tous travaux accessoires, quelques plans-types sérieusement mis au point, donnés à titre d'exemple. Édition 1948..... 245

LA RÉCEPTION PANORAMIQUE. Une nouvelle technique aux multiples applications. Spécialement recommandés aux amateurs d'émission et réception d'ondes courtes ainsi qu'aux dépanneurs radio. Édition 1948..... 180

RADIO-FORMULAIRE. Recueil de symboles, formules, normes, tableaux et renseignements divers réunis et commentés par M. DOURIAU. Une documentation substantielle qui aidera étudiants et praticiens à résoudre tous les problèmes de radio-électricité. Édition 1947..... 180

ÉMETTEURS DE PETITE PUISSANCE SUR ONDES COURTES. Théorie élémentaire et montages pratiques, par Ed. CLIQUET (F8ZD). Circuits oscillants, lampes, montages auto-oscillateurs, montages oscillateurs à quartz, étage doubleur de fréquence et étage intermédiaire, étage amplificateur H. F. de puissance. Édition 1947..... 370

TRAITÉ PRATIQUE D'AUTOMOBILE. Un ouvrage moderne sur la théorie et la pratique des différents organes de l'automobile. Important chapitre sur le dépannage... 425
Tous ces prix s'entendent franco. Expédition immédiate contre mandat.

EN SOUSCRIPTION : OUVRAGES des ÉDITIONS LAROUSSE

ASTRONOMIE. LES ASTRES. L'UNIVERS. 900 héliogravures, 11 planches en couleurs hors-texte. Cet ouvrage présente pour la première fois, en un langage accessible à tous et sous une forme aussi simple et aussi claire que possible les acquisitions consacrées de l'astronomie classique et les découvertes les plus récentes de l'astronomie moderne, son illustration considérable, en noir et en couleurs, constitue dans son ensemble un véritable enseignement par l'image. Mis en vente en juin 1948.

NOUVEAU LAROUSSE UNIVERSEL EN 2 VOLUMES. Le nouveau Larousse Universel englobera toute la langue française et tout l'ensemble des connaissances humaines (littérature, arts, biographie des personnages célèbres, histoire de tous les peuples, géographie du monde entier. Toutes les sciences. La philosophie, les sciences sociales, le droit, les sciences appliquées, etc.) Le tome I sera mis en vente fin 1948.

Vous pouvez souscrire à ces deux ouvrages dès maintenant et profiter ainsi de conditions avantageuses. Contre 10 francs en timbres vous recevrez une page spécimen et tous renseignements utiles.

SCIENCES & LOISIRS

17, av. de la République, PARIS-XI^e

C. C. P. PARIS 3793.13

UNE LANGUE ÉTRANGÈRE

Rapidement, Facilement,
par **LINGUAPHONE**

la méthode la plus renommée pour l'enseignement
des langues par disques.

OUI

- Progrès rapides
- Accent parfait
- Vocabulaire étendu.

N'aimeriez-vous pas parler l'anglais correctement ou toute autre langue de votre choix? Faire l'envie de vos amis? Avoir un nouvel atout dans l'existence?
BIEN ENTENDU.

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

● **La Méthode Linguaphone est étonnante**
D'un jour à l'autre vous faites des progrès et vous découvrez rapidement que vous parlez avec un accent impeccable et que vous comprenez tout ce qui se dit autour de vous. Et ceci, tout en poursuivant vos occupations habituelles car Linguaphone s'apprend chez soi aux moments perdus.

● **Il n'est jamais trop tard**

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

★ LA MÉTHODE
LINGUAPHONE
EST

INDIVIDUELLE

A toute heure, isolément, en famille, en groupe, avec un professeur à la prononciation impeccable, toujours prêt à répéter infatigablement, chez vous, que vous habitez la ville ou le coin le plus éloigné, il vous sera facile de vous débrouiller en quelques semaines. Pourquoi ne pas faire le premier pas tout de suite? Songez aux avantages énormes qui découlent de la connaissance parfaite de l'Anglais

La brochure
très complète
sur cette étonnante méthode
sera envoyée gratuitement à
tous ceux qui renverront le
coupon ci-dessous

**TOUT UN VOLUME
D'ATTESTATIONS...**

et parmi elles au hasard...

Je vous remercie vivement de toutes vos explications. Jamais on ne m'avait si bien aidée à résoudre les difficultés qui, grâce à vous, commencent à s'éclaircir.
M^{me} B. (Calvados).

Mes enfants ont tiré un très réel profit de votre méthode Anglaise. Je ne doute pas que la méthode Allemande que je vous commande aujourd'hui m'apporte le même succès; et je continuerai sans doute par l'Italien et l'Espagnol.

Capitaine T.
(Guadeloupe).



GRATUIT

DÉMONSTRATIONS

Tous les jours de 9 à 12 h. et de 14 à 18 h.

LINGUAPHONE

12, Rue Lincoln (Ch.-Ély) PARIS

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

(Ci-joint 12 francs pour frais d'envoi)

Nom

Adresse (Dépt. C.57)

Pour la Belgique : 18, rue du Méridien, BRUXELLES

21
LANGUES

DE NOUVEAUX OBJETS SPÉCIALEMENT ÉTUDIÉS

pour vous.. pour vos Cadeaux

DEUX CONCEPTIONS MODERNES DU STYLO

STYLO à Bille

sans
remplissage,
sèche immé-
diatement,
écrit sur tout.
Remplace
le crayon, stylo,
la plume manifold.
Recharge assurée.
Livré avec

bon de garantie

STYLOMATIC ROYAL

En écrin

850
Frs

SUPERBLOC 5

Le stylo capoté
de grande classe
à plume **pointe
iridium**. Élegant
pratique, inusable.
Grande capacité
d'encre.

Durée pratique-
ment illimitée.

En écrin

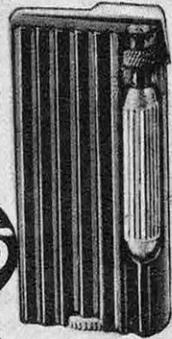
430
Frs

BRIQUET "CIERPA SOFALUX"

moderne, léger, article de
haut luxe pour hommes,
femmes, jeunes gens. Spé-
cialement recommandé.

Coloris : Rouge et or, vert
et or, noir et or, tout doré,
tout argent, dorure
garantie

495
Frs



MONTRE RONDE extra-
plate, luxueuse, ancre 15
rubis, bracelet cuir véritable
qualité supérieure, **bon de
garantie un an**

3100
Frs

MONTRE CARREE, verre
optique, ancre 15 rubis,
bracelet cuir véritable, qua-
lité supérieure, **bon de ga-
rantie un an**

3250
Frs

MONTRE RONDE ÉTANCHE
ancre 15 rubis, bracelet
cuir véritable, mouvement
de haute précision,
**bon de garantie
un an**

3382
Frs



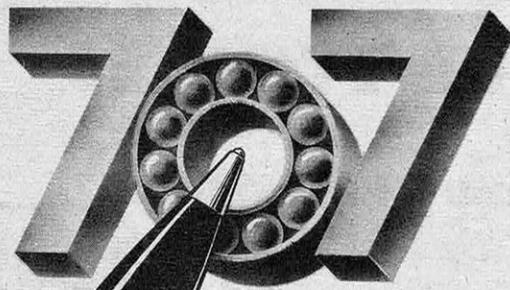
DE GRANDES MARQUES

CIERPA, 69, Rue Rochechouart - Paris-9°

Service 32 CATALOGUE GRATUIT SUR DEMANDE

Reprise, échange ou remboursement officiellement assurés
sur simple demande.

Envoi contre remboursement ou mandat joint à la Commande.
ouvert tous les jours sauf dimanche



STYLO A BILLE

RECORD
TECHNIQUE
D'ÉCONOMIE D'ENCRE

707

RECHARGE ASSURÉE
cartouche d'encre de rechange,
en vente chez tous les détaillants

707

ÉCRITURE RÉGULIÈRE
un trait net, sans interruptions,
ni bavures.

707

**GARANTIE DE LA MARQUE
STYLOMINE**

707

STYLOMINE

HONORE L'INDUSTRIE FRANÇAISE



LA VOIX DE SON MAÎTRE

*Toute une gamme
incomparable*

de

Tourne-disques

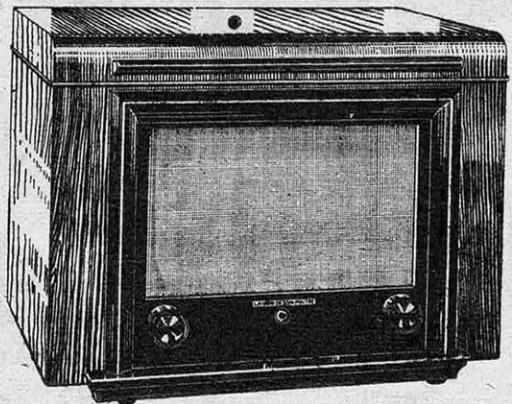
Électrophones

Matériel

de

Sonorisation

ÉLECTROPHONE de Salon
N° 3345



Pour tous renseignements
s'adresser aux revendeurs autorisés
ou aux I. M. E. **PATHÉ-MARCONI**
251, faubourg Saint-Martin, Paris

SCIENCE ET VIE

Tome LXXIII - N° 367

Avril 1948

SOMMAIRE

- ★ L'aile en flèche, par Y. Marchand 181
- ★ De la pluie artificielle à la guerre météorologique, par
Camille Rougeron..... 191
- ★ Les explosifs agricoles, par Jean Cottenet 199
- ★ Les grandes crues, par I. Léviat 203
- ★ Les migrations d'insectes, par Rémy Chauvin..... 212
- ★ La circulation aérienne, par Adrien Rolland 219
- ★ La mesure directe du diamètre des étoiles, par J. Gauzit.. 229
- ★ Le saphir synthétique, par A. Esme 236
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor 241



La construction aéronautique, tant civile que militaire, subit actuellement une évolution très marquée en ce qui concerne les formes d'appareils, conséquence naturelle de l'avènement des moteurs à réaction. Grâce à ces moteurs, les avions atteignent en effet couramment des vitesses auxquelles commencent à se manifester les phénomènes aérodynamiques caractéristiques du voisinage de la vitesse du son. L'apparition de ces phénomènes, très dangereux pour la rigidité et la stabilité des appareils, peut être reculée d'une façon sensible par l'emploi des ailes en flèche ; d'où la vogue croissante, mais très justifiée, de ces formes autrefois peu usitées, parce qu'elles posent des problèmes délicats de construction et de stabilité. La présence de fuseaux moteurs latéraux sur ces formes d'ailes nuit à leur comportement, et c'est pourquoi, sur le bombardier expérimental américain Boeing XB-47 que représente la couverture de ce numéro, les six turboréacteurs ont été suspendus assez loin sous l'aile. Par ailleurs, le très grand allongement et l'effilement de l'aile sont des formes très caractéristiques de cet appareil qui a effectué son premier vol le 17 décembre dernier. (Voir l'article page 181 de ce numéro.)

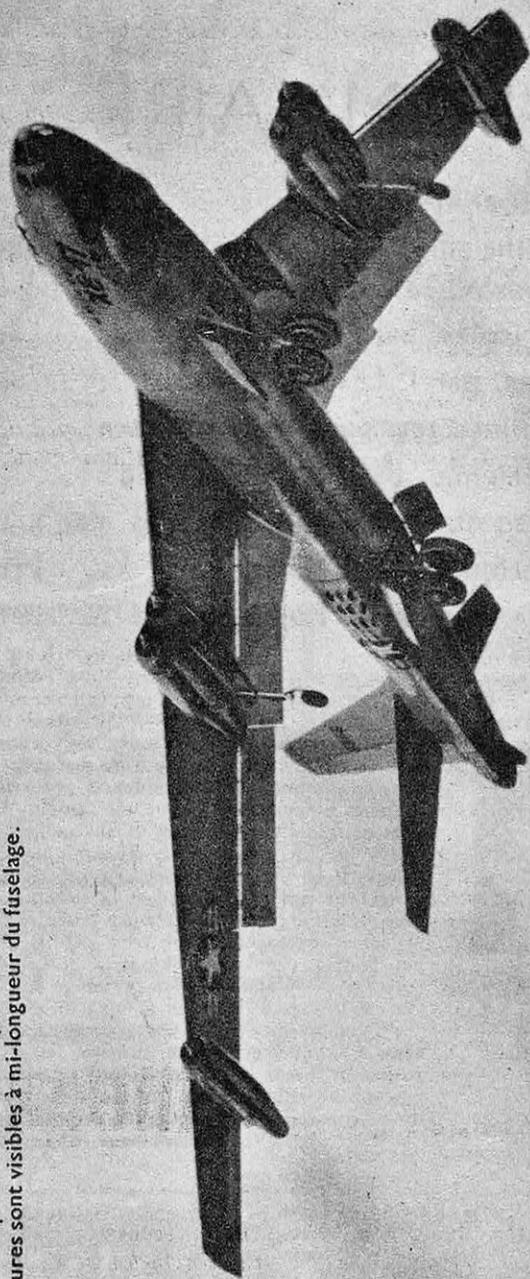
« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne.
Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII^e). Téléphone : Élysées 26-69 et Balzac 02-97.
Chèque postal : 91-07 Paris. — Adresse télégraphique : SIENVIE Paris.
Publicité : 24, rue Chauchat, Paris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

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 500 francs ;
recommandé : 700 francs. — Étranger : 750 francs ; recommandé, 1000 francs.
Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.
Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

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

LE BOEING A SIX RÉACTEURS XB-47 « STRATOJET »

Cet appareil comporte une aile et un empennage en flèche. Quatre des fuseaux-moteurs (General Electric J-35) sont suspendus à une assez grande distance sous l'aile par un bras en porte à faux profilé ; les deux autres sont situés juste sous les extrémités des ailes. Placés normalement sur les ailes, ils provoqueraient un mauvais comportement de l'aile aux grandes vitesses, tandis qu'ainsi disposés ils ne troublent en rien l'écoulement. Pour le décollage, une poussée supplémentaire de 8 200 kg est fournie pendant quatorze secondes par dix-huit fusées, dont les ouvertures sont visibles à mi-longueur du fuselage.



L'AILE EN FLÈCHE

par Y. MARCHAND

L'emploi de l'aile en flèche tend à se généraliser à mesure qu'augmentent les vitesses de vol et que se multiplient les tentatives de franchissement de la vitesse du son. Que ce soit sur les avions pilotés, qui n'ont pas encore atteint cette limite, ou sur les engins téléguidés, qui l'ont franchie, l'aile en flèche semble avoir acquis la préférence incontestée des constructeurs. Citons les applications les plus connues : en Allemagne, les ailes volantes Lippisch (type Storch, type Delta, et projet à statoréacteur), les Messerschmitt 163 « Komet », 262, P-1110 et P-1111, les projets Horten et Gotha, le Junkers 287 à flèche vers l'avant ; en Amérique, les ailes volantes Northrop NI-M, XP-79, XP-56, XB-35, YB-49, et le Boeing XB-47 ; en Angleterre, le Handley-Page « Manx » et les ailes volantes Armstrong-Whitworth 52 et de Havilland 108 (1) ; en France enfin, l'avion de tourisme SE-2100, le chasseur SE-2400 et les prototypes SO-MI, NC-271 et VG-70 (2) ; parmi les engins télécommandés (3), les bombes allemandes Rheintochter, Wasserfall, Feuerlilie et Schmetterling, les bombes planantes BAT, les fusées AL-6 et NACA-RM/2 américaines (4). La simple énumération de ces appareils suffit à démontrer la vogue toujours croissante de l'aile en flèche, qui, en dessous de la vitesse du son, recule l'apparition des phénomènes de compressibilité et, dans le domaine supersonique, associée à un très faible allongement, donne une traînée sensiblement plus faible.

EST en 1936 que l'aérodynamicien allemand Busemann, au cours de la cinquième conférence Volta, présentait à Rome, sous le titre « La portance aérodynamique aux vitesses supersoniques », les premières applications de l'aile en flèche aux grandes vitesses.

Ces considérations restaient alors assez théoriques, car le record du monde de vitesse n'était que de 700 km/h, et il semblait difficile que le perfectionnement des moteurs à hélice, seuls utilisés à l'époque, pût accroître de beaucoup cette vitesse, par suite du mauvais rendement de ces moteurs aux vitesses élevées.

L'avènement de la propulsion par réaction a reculé les limites des vitesses accessibles du fait du moteur, et ce sont des problèmes d'aérodynamique pure qui s'opposent présentement au franchissement de la « barrière du son ». D'importantes modifications interviennent en effet dans le comportement de l'appareil aux vitesses élevées ; elles concernent non seulement la traînée (résistance à l'avancement), qui augmente de façon brutale, mais également la portance, qui subit une chute soudaine, et, par suite, la stabilité (5).

Le recul du nombre de Mach critique

Les aérodynamiciens ont coutume, pour étudier le comportement d'une aile, d'un fuselage ou d'un appareil aux vitesses élevées, de repérer celles-ci non par leur valeur absolue, qui n'est pas

caractéristique des phénomènes étudiés, mais par leur rapport à la vitesse du son dans les conditions de l'expérience ; ce rapport est appelé nombre de Mach (1).

L'approche de la vitesse du son se traduit, en ce qui concerne l'écoulement de l'air autour de l'appareil, et à partir du moment où la vitesse du son est localement atteinte en un point de cet

(1) La vitesse du son n'est autre, en effet, que la vitesse à laquelle se propagent, dans le fluide ambiant, sous forme d'ondes de variation de pression, toutes les perturbations créées par le passage du corps mobile. De là l'importance particulière que revêt, en aérodynamique, la vitesse du son, qui varie avec la température, et, par suite, avec l'altitude (341 m/s, soit 1 260 km/h, à 15° ; 331 m/s, soit 1 190 km/h, à 0°).

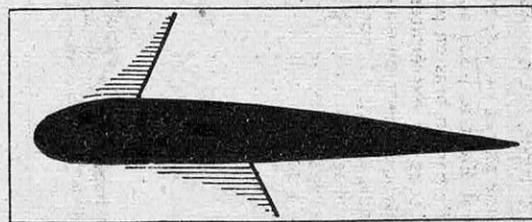


FIG. 1. — L'ÉCOULEMENT AUX VITESSES TRANSSONIQUES

La vitesse d'écoulement des filets d'air est inférieure à la vitesse du son, excepté dans la zone hachurée où la vitesse du son est localement dépassée et dans laquelle la densité de l'air est supérieure à la densité ambiante (phénomène de compressibilité). Une onde de choc, représentée en trait fort, marque le retour à l'écoulement subsonique ; au passage de cette onde, la vitesse retombe brusquement à une valeur sonique tandis que la pression de l'air augmente brusquement de valeur, ainsi, d'ailleurs, que la température.

(1) Voir : « Avions sans queue et ailes volantes » (Science et Vie, n° 349, octobre 1946).

(2) Voir : « Moteurs et avions français à réaction » (Science et Vie, n° 359, août 1947).

(3) Voir : « Bombes planantes et volantes télécommandées » (Science et Vie, n° 341, février 1946).

(4) Voir : « Avions-fusées supersoniques » (Science et Vie, n° 254, mars 1947).

(5) Voir : « Souffleries supersoniques » (Science et Vie, n° 358, juillet 1947).

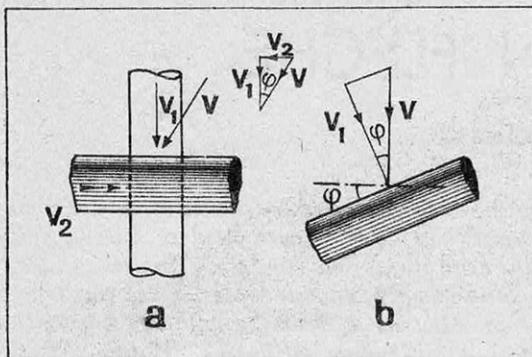


FIG. 2. — LE COMPORTEMENT DE L'AILE EN FLÈCHE

On suppose, en a, que l'aile est placée dans une soufflerie où l'air est animé d'une vitesse V_1 . Si cette aile est soumise à un mouvement de translation V_2 , la vitesse résultante est V . On retrouve les mêmes composantes (en b) avec une aile dont la flèche est φ . La composante tangentielle V_2 de la vitesse n'intervient pas dans la répartition des pressions sur le profil de l'aile.

écoulement, par l'apparition d'un certain nombre de phénomènes dits de *compressibilité*, parce que la densité de l'air qui, aux vitesses « subsoniques », peut être considérée comme constante, subit alors des modifications appréciables ; des surfaces de discontinuité pour la vitesse et la pression, appelées *ondes de choc*, marquent le retour de l'écoulement supersonique à l'écoulement subsonique (fig. 1) et engendrent un sillage tourbillonnaire. Ces phénomènes, qui se traduisent en pratique par la perte de la stabilité de l'appareil et de l'efficacité des gouvernes, et qui caractérisent le passage du domaine subsonique au domaine « transsonique », présentent un danger sérieux, et l'on conçoit tout le soin que l'on doit apporter à augmenter au maximum le *nombre de Mach critique*, rapport de cette vitesse limite (dite *vitesse critique*) à la vitesse du son dans les conditions ambiantes.

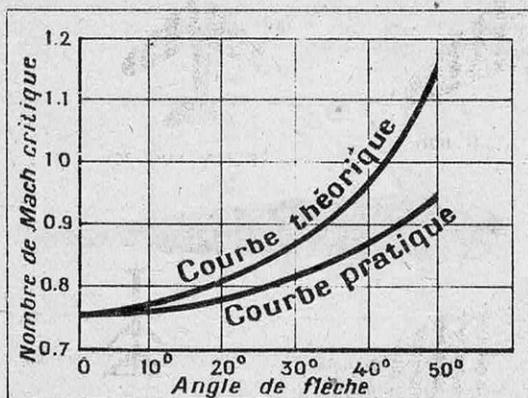


FIG. 4. — L'AUGMENTATION DU NOMBRE DE MACH CRITIQUE AVEC L'ANGLE DE FLÈCHE

La courbe théorique est obtenue en portant en ordonnée des valeurs inversement proportionnelles au cosinus de l'angle de flèche ; la courbe pratique est peu différente de celle qui serait obtenue en portant des valeurs inversement proportionnelles à la racine carrée de ce cosinus.

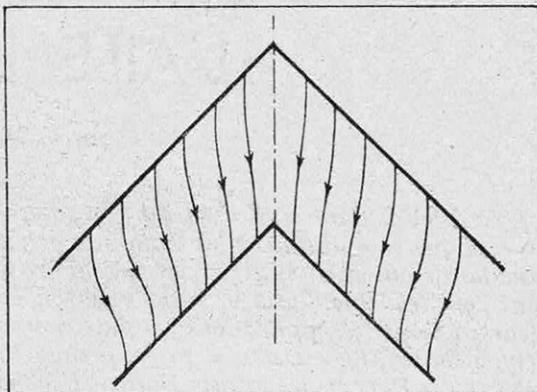


FIG. 3. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DU TRAJET DES FILETS D'AIR SUR UNE AILE EN FLÈCHE

L'écoulement convergent des filets d'air crée des surtensions supplémentaires dans la partie centrale de l'aile, pour laquelle le raisonnement permettant de calculer le bénéfice dû à l'aile en flèche ne s'applique plus.

Or, l'apparition des phénomènes de compressibilité est déterminée par la répartition des pressions autour de l'aile, qui dépend seulement, en première approximation, de la composante de la vitesse perpendiculaire à l'envergure.

C'est ce que l'on peut voir simplement de la manière suivante. Une aile droite, supposée d'envergure infinie, est supposée (fig. 2) animée d'une part d'une vitesse V_1 perpendiculaire à son bord d'attaque et, d'autre part, d'une vitesse V_2 parallèle à ce même bord ; c'est la vitesse V_1 qui, seule, détermine les phénomènes aérodynamiques (on suppose naturellement que le mouvement transversal n'apporte pas de perturbation par frottement à l'écoulement des filets d'air), alors que la vitesse résultante V , somme géométrique de V_1 et V_2 , lui est supérieure. On obtient le même résultat en faisant pivoter l'aile, dans son plan, d'un certain angle (angle de flèche) égal

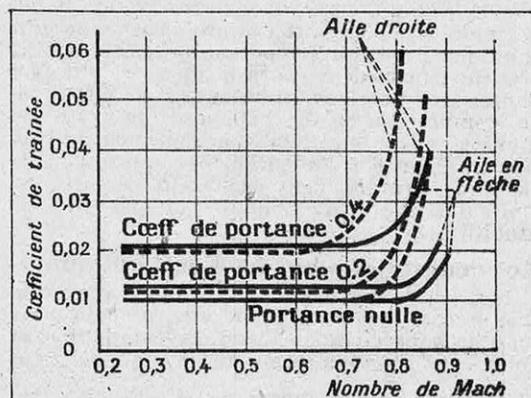
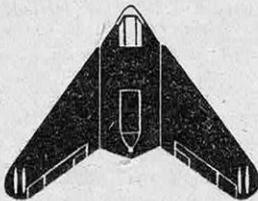


FIG. 5. — VARIATION DE LA TRAÎNÉE EN FONCTION DE LA VITESSE POUR UNE AILE DROITE ET UNE AILE EN FLÈCHE

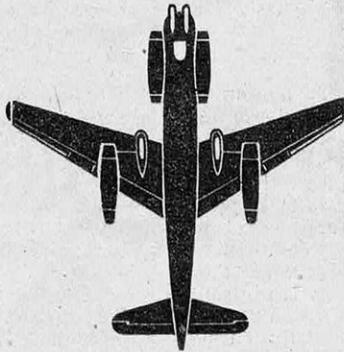
Si l'on compare à l'aile droite l'aile en flèche de même allongement, on constate chez celle-ci des valeurs beaucoup plus faibles de la traînée, pour un même nombre de Mach. Les courbes sont tracées pour différentes valeurs du coefficient de portance.



NORTHROP YB-49



GOTHA P.60 B



JUNKERS JU 287



DOUGLAS "SKYROCKET"
D-558-2



MESSERSCHMITT P.1110



DE HAVILLAND D.H. 108



ARSENAL VG-70



MESSERSCHMITT
ME 163 "KOMET"



ARMSTRONG WHITWORTH
AW 52



RHEINTOCHTER

FIG. 6. — QUELQUES TYPES D'AVIONS A AILE EN FLÈCHE

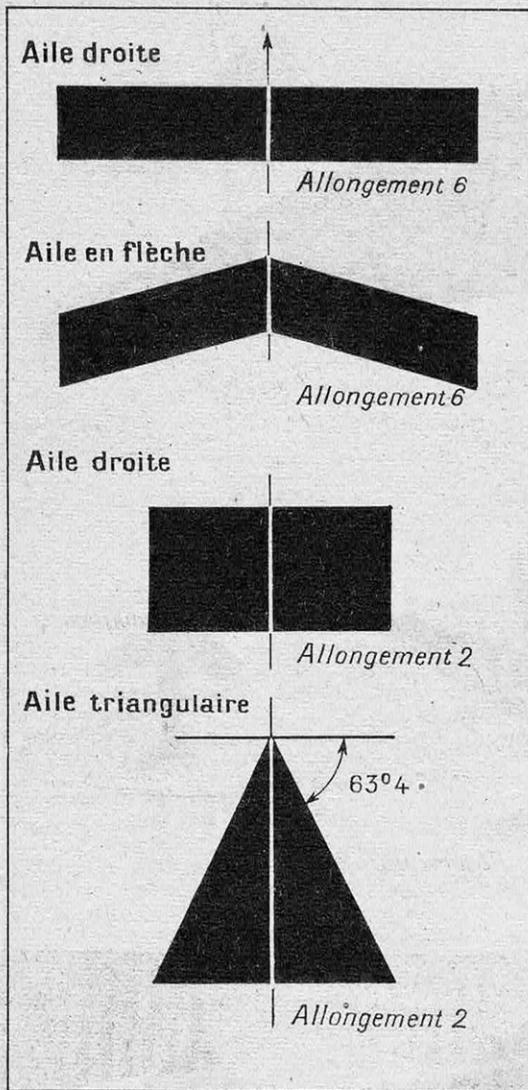


FIG. 7. — CES QUATRE AILES ONT LA MÊME SURFACE ET, PAR SUITE, SENSIBLEMENT LE MÊME POUVOIR SUSTENTATEUR. L'AILE TRIANGULAIRE (DITE DELTA) COMBINE LES AVANTAGES DE L'AILE EN FLÈCHE ET DE L'AILE DE FAIBLE ALLONGEMENT (D'APRÈS « AERONAUTICS »)

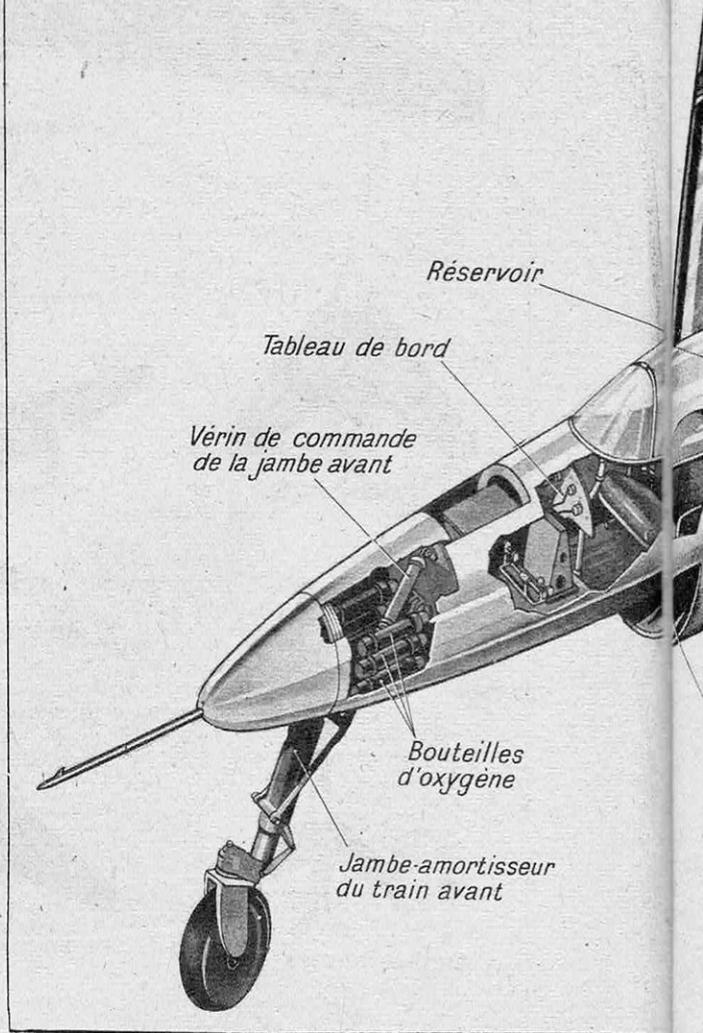
à l'angle que faisait précédemment V avec V_1 et en l'aninant vers l'avant de la seule vitesse V : devenue « aile en flèche », elle se comporte alors théoriquement, à cette vitesse V , comme le ferait une aile droite à une vitesse plus faible V_1 , composante de V suivant la normale au bord d'attaque.

Le nombre de Mach effectif n'est plus alors que le rapport de V_1 à la vitesse du son. Il en résulte que, si l'onde de choc apparaît sur une aile droite pour une certaine valeur du nombre de Mach, elle apparaîtra, sur l'aile en flèche correspondante, pour une valeur plus grande (1).

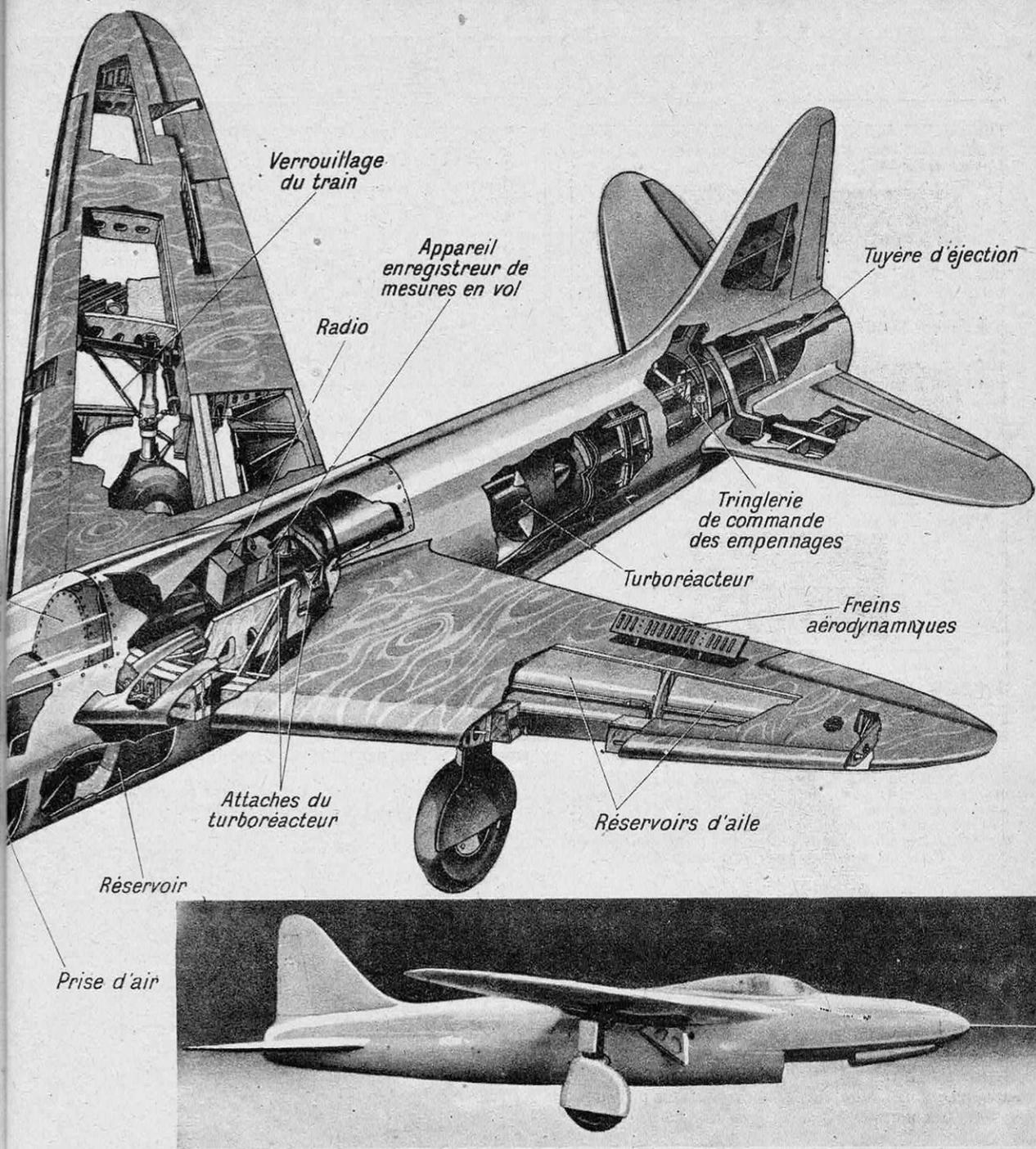
(1) La vitesse V_1 est égale au produit de V par le cosinus de l'angle de flèche, et le nombre de Mach critique se trouve divisé par ce même cosinus.

FIG. 8. — UN PROTOTYPE FRANÇAIS A AILE EN FLÈCHE : LE V-G 70

Construit par l'Arsenal de l'Aéronautique, ce monoplace est destiné à l'étude des problèmes aérodynamiques pour des vitesses voisines de la vitesse du son et contient à cet effet un grand nombre d'appareils enregistreurs. Ses ailes sont en bois, ce qui, à poids égal, donne une meilleure rigidité (résistance du revêtement aux dépressions) et facilite les retouches nécessaires entre les essais. Ce prototype est équipé présentement d'un turboréacteur Jumo 004.



Les résultats se trouvent légèrement modifiés lorsque l'aile, supposée jusqu'ici infinie, devient l'aile réelle d'envergure finie, raccordée à un fuselage, car deux phénomènes nouveaux apparaissent : les effets marginaux, ou d'extrémités, et les effets d'emplature au raccordement aile-fuselage. Il intervient aussi dans la résistance aérodynamique une composante appelée résistance de frottement (l'autre composante est la résistance de forme et correspond à l'écartement des filets d'air). Cette résistance de frottement dépend de la vitesse totale V et non pas seulement de sa composante V_1 , et elle a pour effet supplémentaire de dévier les filets d'air dans le sens correspondant à la vitesse tangentielle de



l'aile, négligée dans le raisonnement ci-dessus. Il en résulte que ces considérations théoriques, dues à l'Allemand Betz, ne sont pas applicables à la partie centrale de l'aile, vers laquelle l'écoulement de l'air, dans le cas le plus souvent envisagé de flèche reportant les extrémités de l'aile vers l'arrière, est sujet à des survitesses encore plus élevées dues à la circulation convergente des filets d'air à son voisinage (fig. 3).

Pratiquement, la diminution du bénéfice théorique peut atteindre 50 % (1) (fig. 4).

(1) Le gain réalisé sur le nombre de Mach critique n'équivaut pas à diviser celui-ci par le cosinus de l'angle de flèche, mais seulement par la racine carrée de ce cosinus.

La diminution de la traînée

Le recul du nombre de Mach critique entraîne donc un retard dans l'apparition des phénomènes de compressibilité; or ce sont justement ces phénomènes qui sont cause de la brusque et importante augmentation de la traînée constatée à l'approche de la vitesse du son. De nombreux essais ont été faits en Allemagne au cours de la guerre pour étudier l'influence de la flèche de l'aile sur la traînée et les améliorations que l'on peut en attendre dans ce domaine.

On ne peut affirmer *a priori* que la traînée de l'aile en flèche soit inférieure à celle de l'aile droite, car cela dépend essentiellement des condi-

tions dans lesquelles est effectuée la comparaison, et en particulier des valeurs attribuées aux autres facteurs qui entrent en jeu : vitesse de l'avion, allongement (1), effilement, incidence, profil de l'aile.

Comparée à l'aile droite correspondante (c'est-à-dire donnant la même sustentation) de même allongement, 6 par exemple, l'aile en flèche aura une traînée légèrement plus forte aux faibles vitesses, et très sensiblement plus faible aux vitesses élevées (fig. 5), mais l'aile droite correspondante d'allongement 1,15 se comporte de façon analogue (fig. 7), ce qui permet de conclure qu'une diminution de l'allongement équivaut à une augmentation de la flèche, et qu'un très faible allongement associé à une flèche prononcée constitue la meilleure forme pour les grandes vitesses. Ce principe est mis en application sur les engins spéciaux qui, lorsqu'ils sont

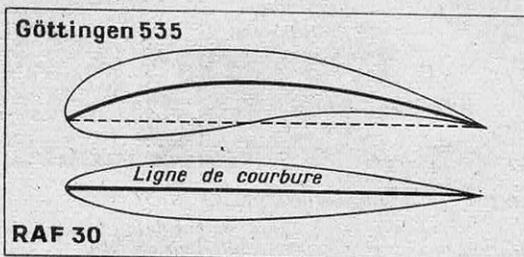


FIG. 9. — AILE A PROFIL CLASSIQUE ET AILE A PROFIL SYMÉTRIQUE

Sur l'avion classique à vitesse moyenne, on utilise des profils d'aile tels que le profil Göttingen 535, qui présente une courbure notable (la courbure d'un profil est celle de la ligne joignant le milieu des cordes perpendiculaires à la plus grande corde). Le profil symétrique RAF 30 est mieux adapté à l'aile en flèche.

munis d'une voilure (bombes volantes), possèdent de petites ailes en flèches de très faible allongement.

L'influence de l'incidence (2) est également prépondérante : la supériorité de l'aile en flèche qui vient d'être énoncée n'existe en fait qu'au voisinage de l'incidence donnant la « portance nulle ». Pour les valeurs élevées de la portance, la mauvaise « traînée induite » (3) de l'aile en flèche la rend inférieure à l'aile droite.

En ce qui concerne l'influence du profil de l'aile sur le comportement de l'aile en flèche, le profil symétrique, c'est-à-dire dont la ligne

(1) L'allongement d'une aile cylindrique (sans effilement) est le rapport de son envergure à la plus grande corde de son profil (profondeur de l'aile); dans le cas le plus général, l'allongement d'une aile est le rapport du carré de son envergure à sa surface en projection horizontale.

(2) L'angle d'incidence est celui qui forme la corde du profil de l'aile avec la direction du vent relatif. Lorsque l'incidence augmente, la portance d'une aile commence par augmenter jusqu'à une certaine valeur définissant la « portance maximum »; elle diminue ensuite pour tout accroissement supplémentaire de l'incidence. Au voisinage de la portance nulle, on peut considérer que la portance varie proportionnellement à l'angle d'incidence.

(3) La traînée induite est l'augmentation de traînée résultant de la portance, par comparaison avec la traînée de profil, qui dépend de la forme et se mesure à portance nulle.

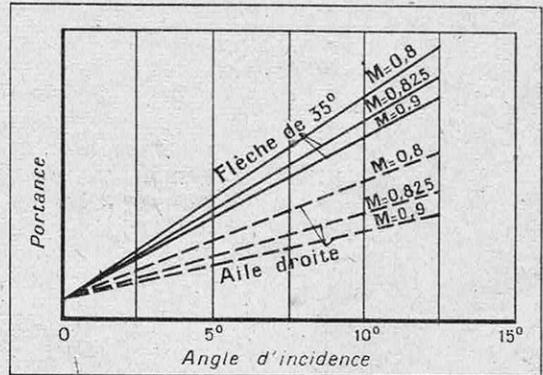


FIG. 10. — VARIATION DU COEFFICIENT DE PORTANCE EN FONCTION DE L'ANGLE D'INCIDENCE POUR DES AILES DROITES ET AVEC FLÈCHE

Dans les mêmes conditions de vitesse et d'incidence, l'aile en flèche est supérieure, en ce qui concerne la portance, à l'aile droite (d'après Aeronautics).

médiane ne présente aucune inflexion, donne les meilleurs résultats (fig. 9).

La portance des ailes en flèche

La théorie de Prandtl, qui étudie aux faibles vitesses l'écoulement de l'air autour d'une aile, a pu être étendue, moyennant certaines adaptations, au domaine des grandes vitesses; elle permet de déterminer les formes les plus propices à ces vitesses.

La portance de l'aile en flèche, pour la même incidence, est plus grande que celle de l'aile

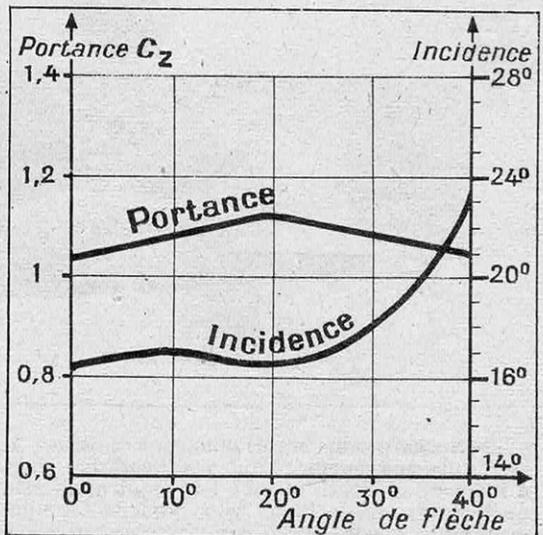


FIG. 11. — VARIATION DE LA PORTANCE MAXIMUM ET DE L'INCIDENCE A LAQUELLE ELLE SE PRODUIT EN FONCTION DE L'ANGLE DE FLÈCHE

Dans les conditions où les essais ont été faits à Göttingen, la valeur la plus élevée de la portance maximum est atteinte pour un angle de flèche de 20° environ. Au-dessus de cette valeur de l'angle de flèche, la portance maximum de l'aile diminue cependant qu'augmente l'incidence nécessaire pour l'obtenir.

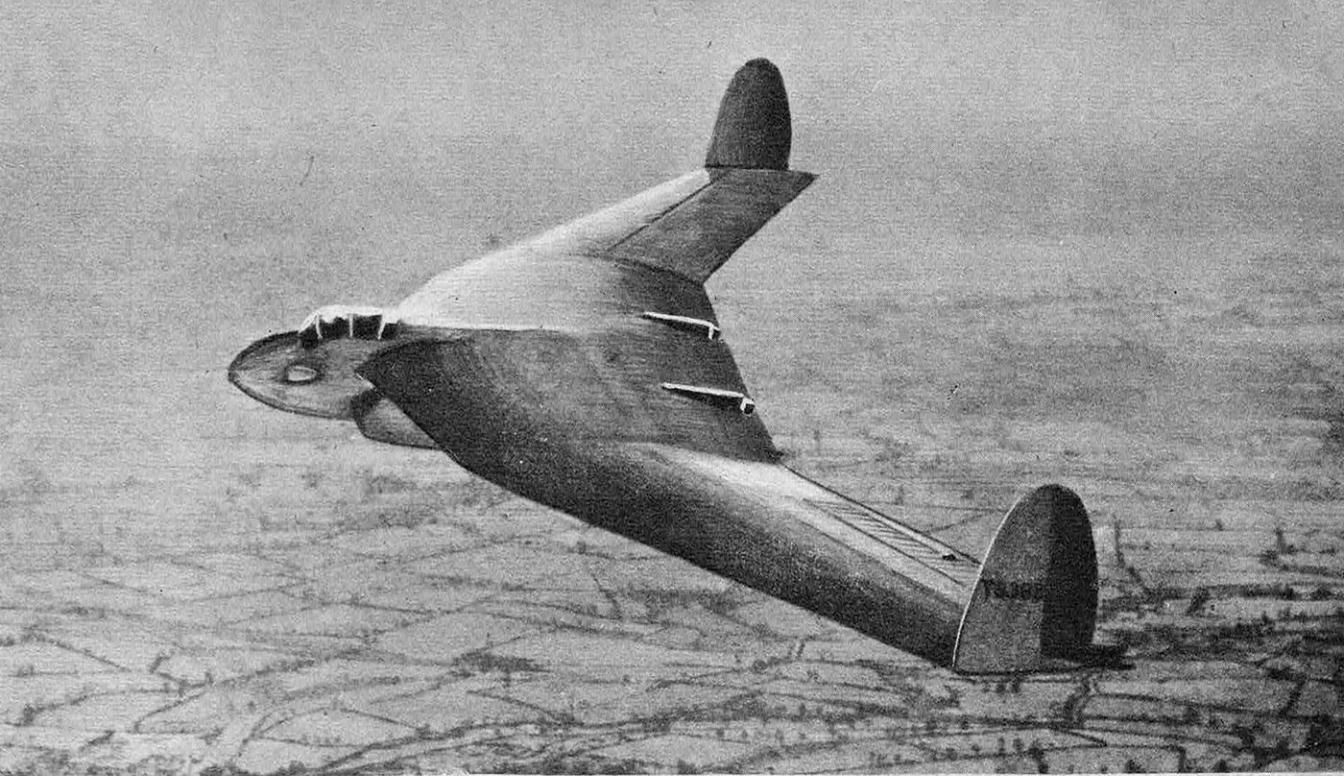


FIG. 12. — L'AILE VOLANTE ANGLAISE A RÉACTION ARMSTRONG WHITWORTH A. W. 52

Dérivé du planeur A. W. 52-G, cet appareil est destiné à étudier le comportement de l'aile volante en vue de la construction de gros porteurs d'une conception analogue. D'envergure 27,4 m, il est équipé de deux turboréacteurs Rolls-Royce « Nene » exerçant une poussée de 2 250 kg chacun. Un deuxième prototype doit recevoir des turboréacteurs Rolls-Royce « Derwent » qui, plus petits que les « Nene », pourront être entièrement encastrés dans l'aile.

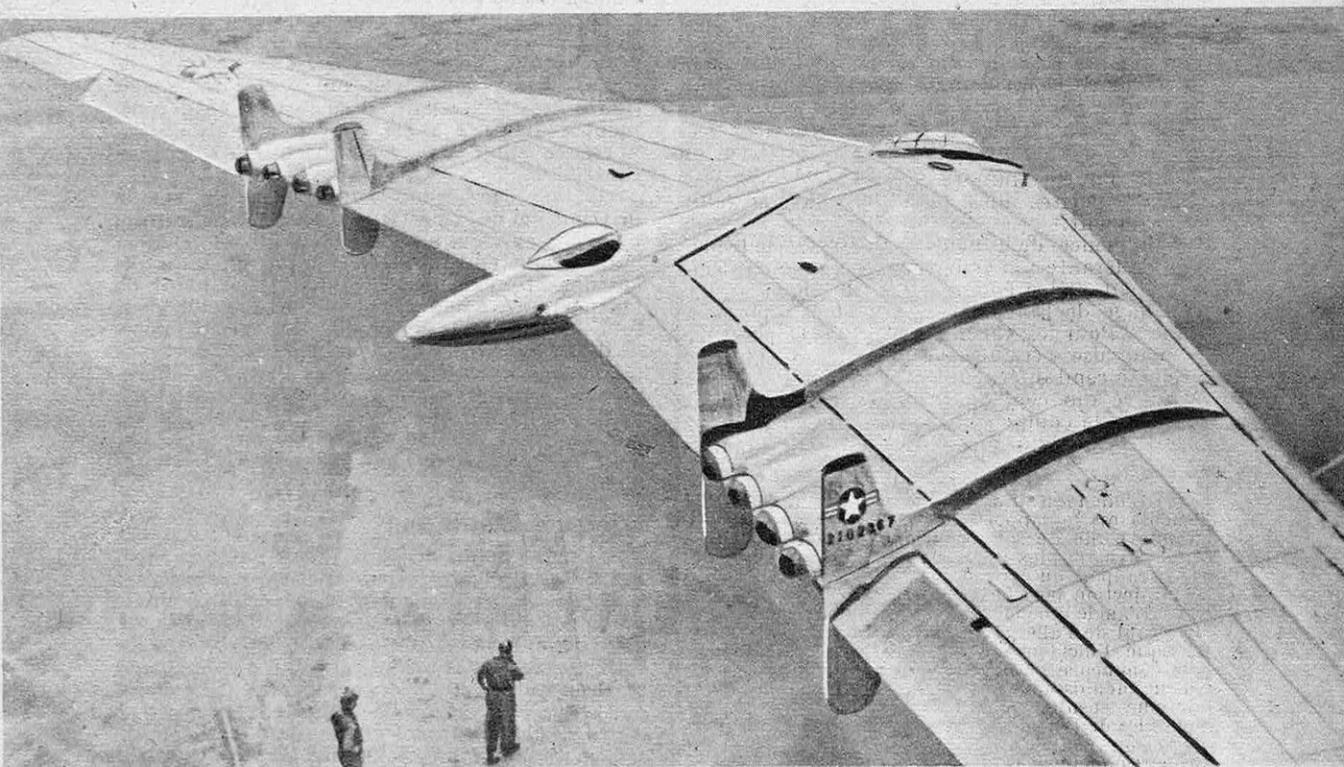


FIG. 13. — L'AILE VOLANTE AMÉRICAINE A RÉACTION NORTHROP YB 49

Dérivé de l'aile volante à quatre moteurs et huit hélices XB-35, cet appareil, de 52,4 m d'envergure, est muni de deux ensembles de quatre turboréacteurs General Electric dont les prises d'air sont groupées au bord d'attaque de l'aile.

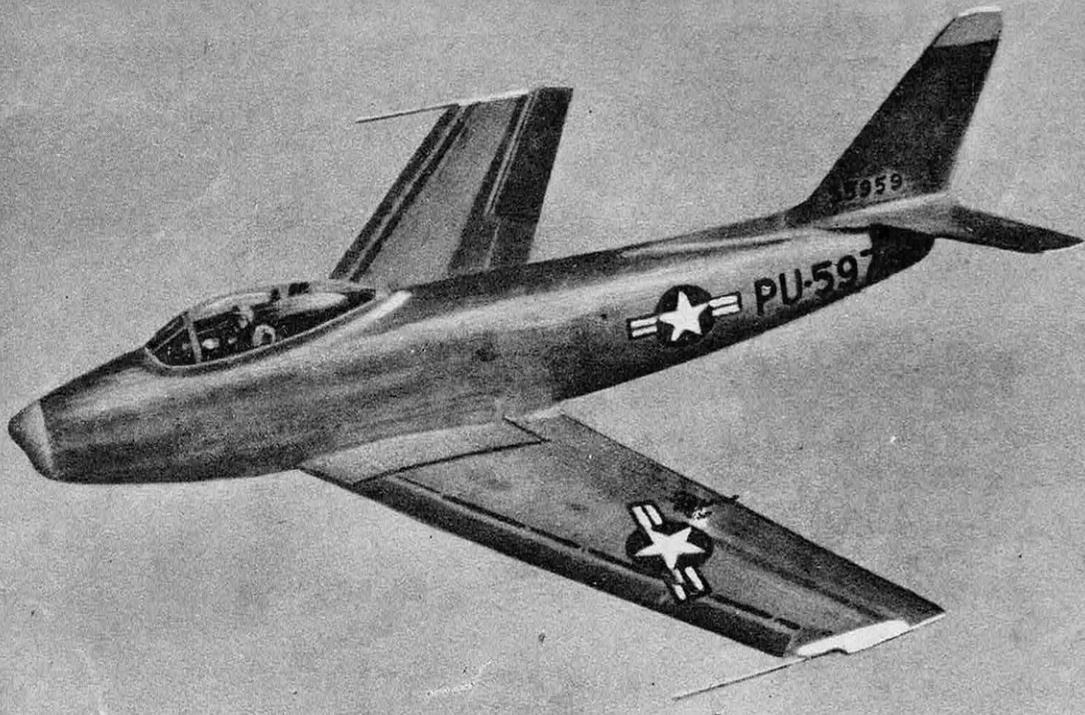


FIG. 14. — LE CHASSEUR AMÉRICAIN A RÉACTION NORTH AMERICAN XP-86

De 11,3 m d'envergure et 11,3 m de longueur, cet appareil est équipé d'un turboréacteur General Electric TG-180, exerçant une poussée de 1 800 kg. L'aile qui présente, comme les empennages, une flèche de 35°, comporte des fentes de bord d'attaque sur la presque totalité de l'envergure, système d'hypersustentation qui donne la meilleure efficacité pour l'aile en flèche. La cabine étanche est à siège éjectable.

droite correspondant aux nombres de Mach élevés (fig. 10).

Quelle est l'influence de la flèche sur la portance maximum ? Les quelques données que l'on possède actuellement sur ce sujet manquent de précision, et les formules que l'on a pu établir, ne tenant pas compte de la partie centrale de l'aile, doivent être utilisées avec prudence. Des essais faits au début de la guerre à Göttingen, en Allemagne, ont montré que la valeur la plus élevée de la portance maximum était atteinte avec une flèche d'environ 20° ; elle diminue ensuite légèrement lorsqu'on augmente la flèche,

cependant qu'augmente l'angle d'incidence auquel elle se produit (fig. 11).

Lorsque l'incidence augmente, on constate, pour l'aile en flèche, l'apparition, sur les parties externes de l'extrados (partie supérieure de l'aile), d'une dépression qui aspire la couche limite vers l'extérieur. Il en résulte un décollement prématuré à cet endroit, tandis que la portance subit une majoration dans le plan central.

Quelques précisions supplémentaires sur la distribution de la portance peuvent être fournies par l'analogie qui existe entre l'aile en flèche et l'aile droite effilée ; on estime en effet qu'une augmentation de flèche équivaut, au point de vue portance, à une augmentation de l'effilement (une flèche de 30° équivaudrait à un effilement de 0,5). Les courbes de répartition de la portance permettent d'établir que, plus l'aile est effilée, plus les extrémités sont « porteuses », phénomène analogue à celui que provoque la flèche donnée à l'aile. (Ceci, comme nous le verrons plus loin, n'est valable que pour une aile supposée parfaitement rigide.)

L'hypersustentation

Au moment du décollage et de l'atterrissage, qui se font obligatoirement à vitesse très réduite, il est nécessaire d'augmenter la portance maximum des avions que l'on équipe, à cet effet, de dispositifs hypersustentateurs (fig. 15) classés en deux catégories principales : les dispositifs de bord de fuite, qui sont généralement des volets, ou surfaces mobiles permettant de faire varier la courbure du profil et s'escamotant en vol pour réduire au maximum la traînée, et les dispositifs de bord d'attaque ou fentes, résultant souvent de la position d'un petit volet qui se détache en avant du bord d'attaque. Ces distinctions ne sont d'ailleurs pas rigoureuses puisqu'un particulier

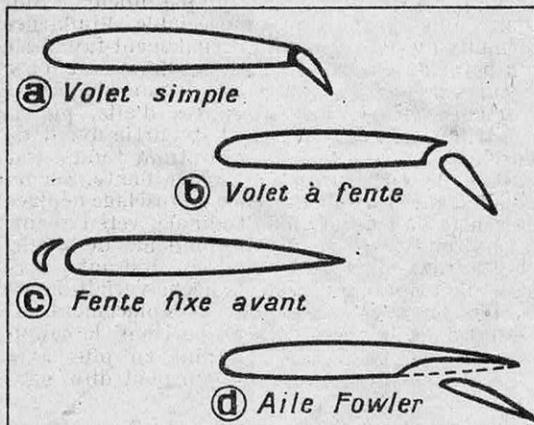


FIG. 15. — QUELQUES DISPOSITIFS HYPERSUSTENTATEURS

Les schémas a et b montrent comment le volet modifie la courbure de l'aile ; la fente en c régularise l'écoulement en réduisant la couche limite, et le volet Fowler d augmente la surface totale de la voilure.

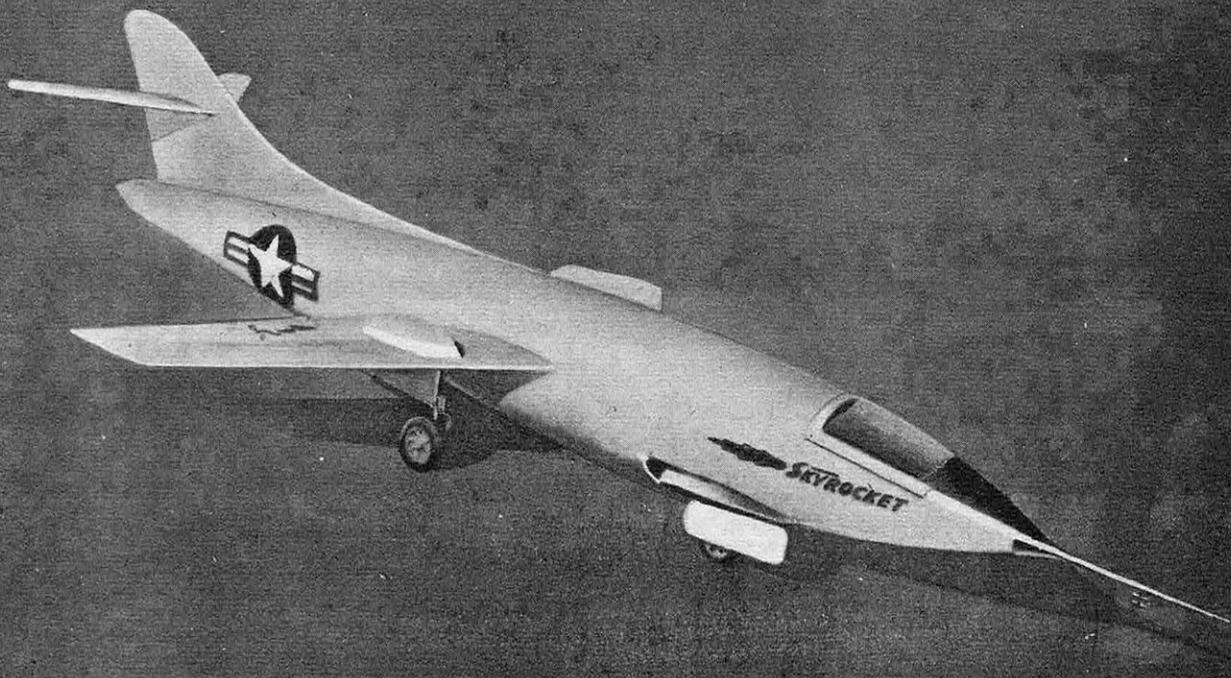


FIG. 16. — L'AVION EXPÉRIMENTAL DOUGLAS D 558-2 « SKYROCKET »

De 7,6 m d'envergure et 13,6 m de longueur, cet appareil est équipé d'un turboréacteur Westinghouse (échappement sous la partie arrière du fuselage) et d'un moteur à fusées Reaction Motors. Des volets automatiques sur le bord d'attaque augmentent la portance aux vitesses faibles. Les revêtements sont en alliage de magnésium. Comme sur le D-558-1 « Skystreak », la partie avant du fuselage, qui contient le poste de pilotage étanche, peut se détacher du reste de l'avion en cas de détresse.

on trouve maintenant des volets de bord d'attaque.

L'ensemble des études effectuées sur ce sujet montre que la flèche de l'aile se prête mal à l'emploi des dispositifs hypersustentateurs dont elle diminue beaucoup l'efficacité.

De façon générale, on peut dire que les volets apportent une légère majoration de la portance jusqu'au « décrochage » (perte de vitesse qui accompagne le dépassement de l'angle d'incidence correspondant à la portance maximum) mais leur présence réduisant l'incidence à laquelle celui-ci se produit, le gain final demeure extrêmement faible, parfois même nul ou négatif. Les essais effectués ont permis d'établir que ce sont les dispositifs de bord d'attaque qui donnent les meilleurs résultats.

Les fentes ont, par contre, une certaine efficacité sur l'aile en flèche. Placées en bout d'aile, elles contrôlent le décollement qui, on l'a vu, se produit prématurément à cet endroit (fig. 17). Mais comme, d'autre part, l'accroissement de portance est d'autant meilleur que la fente s'étend sur une plus grande fraction de l'envergure, il faut, pour déterminer la longueur de la fente, réaliser un compromis entre l'accroissement maximum de la portance et le contrôle efficace du décollement aux extrémités.

La stabilité de l'aile en flèche

L'aile en flèche est-elle stable ?

Le but poursuivi à l'origine, lorsqu'on construisit pour la première fois des ailes en flèche, était d'améliorer la stabilité générale de l'appareil, et en particulier la stabilité de lacet (1). Mais le raisonnement qui y conduisait était un peu sommaire, et l'on a pu depuis déterminer la stabilité de l'aile en flèche de façon plus précise, bien qu'elle constitue l'une des parties les plus délicates et les moins connues du problème.

Lorsque l'avion approche de la vitesse du son, les phénomènes de compressibilité se manifestent tout d'abord au centre de l'aile, provoquant un « moment piqueur ». Il en résulte que l'on devra donner à l'avion calculé suivant les procédés habituels une flèche toujours plus grande au fur et à mesure que le nombre de Mach augmente, afin d'opposer au moment piqueur un déplacement vers l'arrière du centre de gravité de l'appareil, obtenu en déplaçant dans ce même sens les extrémités de l'aile. Ce comportement favorable de l'aile en flèche a une grande importance pour le vol aux vitesses élevées, auxquelles il assure une stabilité satisfaisante.

La présence du fuselage, qui par ailleurs réduit dans une proportion appréciable l'influence gênante du plan central, est également favorable au point de vue stabilité ; il équilibre en effet le recul, vers l'arrière, du centre de poussée dû à la portance élevée des extrémités d'aile, par la contribution assez forte que la partie avant du fuselage apporte à la sustentation, tandis que celle de la partie arrière est insignifiante. Sur un avion à aile droite, la présence du fuselage déplace le centre de stabilité longitudinale, vers l'avant, d'environ 5 % de la profondeur de l'aile, engendrant ainsi un couple déstabilisant ; avec une aile trapézoïdale dont la flèche variait de 30° à 45°, on a constaté que ce déplacement est réduit dans de très fortes proportions, le couple de tangage diminuant de plus en plus avec l'accroissement de la flèche. On peut dire, dans

(1) La stabilité d'un appareil s'étudie suivant les trois aspects de la stabilité autour d'un axe vertical (stabilité de route, ou de lacet), autour d'un axe longitudinal (stabilité transversale, ou de roulis), autour d'un axe transversal (stabilité longitudinale). Sur le problème de la stabilité, voir *Science et Vie*, n° 349, octobre 1946, p. 149.

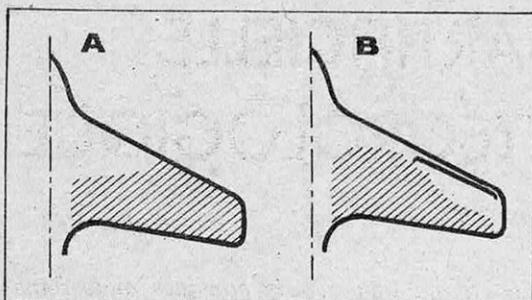


FIG. 17. — COMMENT UNE FENTE OU UN VOLET EXTERNE DE BORD D'ATTAQUE AMÉLIORE L'ÉCOULEMENT AUTOUR D'UNE AILE (CHASSEUR MESSERSCHMITT ME-163)

La partie hachurée représente la surface sur laquelle se produit le décollement aux environs de la portance maximum. On voit que l'emploi d'un dispositif convenable de bord d'attaque (à droite) peut « assainir » l'écoulement et reporte le début du décollement vers la partie centrale de l'aile, ce qui permet de conserver la stabilité.

ce sens, que l'avion à aile en flèche avec fuselage se comporte mieux, aux vitesses élevées, que l'« aile volante » correspondante.

Si le fuselage a une bonne influence, il n'en est pas de même des fuseaux moteurs qui augmentent considérablement, la traînée, même en supposant que leur profil soit parfaitement adapté aux vitesses élevées. Cette inaptitude de l'aile en flèche à recevoir des fuseaux moteurs latéraux est très caractéristique, bien qu'encore mal expliquée. Des essais qui ont été faits pour y remédier, en particulier avec des ailes en forme de W renversé, n'ont apporté aucun résultat marquant, et, pour équiper les avions à ailes en flèche de plusieurs moteurs, on s'est trouvé obligé de les suspendre sous les ailes, disposition que l'on trouve sur le nouvel avion à réaction Boeing X B-47 (fig. page 180).

Les difficultés de construction

En raison des efforts plus considérables qui lui sont appliqués et des effets plus sensibles qui résultent de ses déformations, l'aile en flèche doit être d'une construction plus rigide que l'aile droite correspondante. Les phénomènes d'aéro-élasticité, en effet, qui résultent des actions combinées des forces aérodynamiques, élastiques et d'inertie, ne sont pas les mêmes dans les deux cas.

La flexion d'une aile droite peut être considérée comme suffisamment faible pour ne pas intervenir dans la répartition des forces aérodynamiques, excepté dans quelques cas particuliers. La flexion de l'aile en flèche, au contraire, influence la stabilité de l'appareil, tant transversale que longitudinale. Il suffit, pour l'expliquer, de se rendre compte qu'une flexion de l'aile vers le haut provoque, si l'aile est en flèche, une diminution de l'incidence des extrémités d'autant plus importante que la flèche est plus forte. Lorsqu'on braque un aileron vers le bas à faible vitesse, il se produit un accroissement des pressions aérodynamiques sur l'intrados, d'où augmentation de la portance de l'extrémité d'aile considérée; on obtient ainsi l'inclinaison de l'appareil du côté opposé à celui où l'aileron a été abaissé. Lorsque la vitesse augmente, cet accroissement des pressions aérodynamiques sur l'intrados provoque

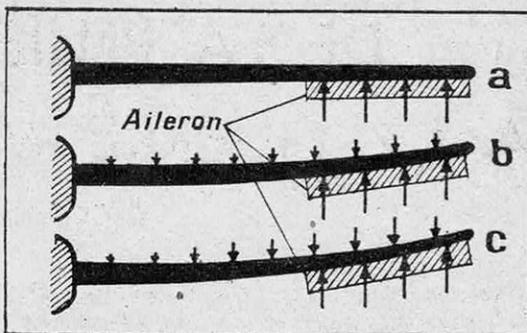


FIG. 18. — L'EFFET D'AÉRO-ÉLASTICITÉ SUR UNE AILE

Lorsqu'on braque l'aileron vers le bas (a), on constate une augmentation de la portance le long de son envergure. L'accroissement de la vitesse provoque la flexion de l'aile (b), d'où une diminution de l'incidence et l'apparition de forces aérodynamiques sur l'intrados. Il existe une valeur dite « critique » de la vitesse (c) pour laquelle les deux systèmes de force s'équilibrent.

une flexion de l'aile, qui, si celle-ci est en flèche, se traduit en même temps par une diminution de l'incidence de l'extrémité, et à l'augmentation de portance créée par l'aileron s'oppose une augmentation des forces aérodynamiques s'exerçant sur l'extrados. Il existe une vitesse limite dite *vitesse critique d'inversion* pour laquelle ces dernières deviennent prédominantes, et l'action des ailerons inefficace (fig. 18).

L'effet de torsion sur l'aile en flèche est analogue et contribue à abaisser la vitesse critique d'inversion. Si l'on se donne par avance la valeur de cette vitesse critique, une diminution de la rigidité de torsion doit être compensée par une augmentation de la rigidité de flexion, et inversement.

La flexion de l'aile en flèche nuit également à la stabilité longitudinale. Si l'on suppose, par exemple, un appareil en léger piqué, dont la vitesse va en croissant, les forces aérodynamiques qui s'exercent sur l'aile augmentent également, provoquant une flexion des extrémités vers le haut et, si l'aile est en flèche, par le même phénomène que ci-dessus, une diminution de l'incidence des extrémités et un déplacement des charges vers les emplantures, c'est-à-dire vers l'avant. Le centre des forces aérodynamiques se déplace donc vers l'avant quand la vitesse augmente, alors qu'il resterait immobile sur un avion parfaitement rigide.

Cet effet de la torsion sur la stabilité longitudinale est probablement le facteur le plus important de tous ceux que fait intervenir la flèche sur la structure de l'aile.

L'aile en flèche, clé des grandes vitesses

Malgré les nombreuses difficultés auxquelles on se heurte dans sa réalisation, il semble que l'aile en flèche soit vraiment la forme la mieux adaptée aux vitesses élevées, par ses qualités aérodynamiques et son excellent comportement à l'approche du domaine sonique.

Quelques nouveaux progrès dans la construction et la mise au point de procédés ingénieux de fabrication lui donneront sans doute, associée avec un très faible allongement, une supériorité incontestable sur l'aile droite pour le franchissement de la vitesse du son.

Y. MARCHAND

DE LA PLUIE ARTIFICIELLE A LA GUERRE MÉTÉOROLOGIQUE

par Camille ROUGERON

De nombreuses expériences de pluie artificielle ont eu lieu depuis quelques mois dans plusieurs pays, tant en Europe qu'en Amérique et en Australie, en mettant en œuvre des procédés variés. Chacun d'eux correspond à un mode différent de formation de la pluie artificielle, qu'il s'agisse de l'ensemencement, à la neige carbonique ou à l'iodure d'argent, des nuages dont le sommet est à une température inférieure à 0°C , ou d'un simple arrosage d'eau pour ceux dont aucune partie ne descend au-dessous de cette température, comme il a été fait récemment en France. Déjà divers pays s'inquiètent de la portée de ces expériences et une législation internationale s'avère dès à présent nécessaire pour limiter les droits de chaque État à disposer des nuages survolant son territoire et peut-être destinés à fertiliser les États limitrophes. En temps de guerre apparaîtra peut-être une nouvelle forme de blocus tendant à assécher certains territoires ennemis pour inonder les autres. Les avions militaires actuels conviennent d'ailleurs parfaitement à cette nouvelle mission, moyennant quelques aménagements très simples et, dès le temps de paix, ils pourraient utilement intervenir pour faire cesser des périodes de sécheresse et remplir les barrages.

Les théories de la pluie

On ne peut espérer provoquer la pluie artificielle sans connaître les moyens qu'emploie la nature pour faire pleuvoir.

Les théories de la pluie sont nombreuses et plusieurs contiennent au moins une part de vérité (fig. 2).

Si l'on admet volontiers que les grosses gouttes de pluie agglomèrent en tombant les gouttelettes plus fines qu'elles rencontrent, la difficulté

commence lorsqu'on veut expliquer la formation des premières gouttes à partir de gouttelettes assez petites pour rester pratiquement en suspension à hauteur constante, ou même s'élever sous l'effet des courants ascendants. On a cherché à donner à cette formation une explication purement mécanique : de même que deux bateaux circulant à la même vitesse, dans la même direction, tendent à coller l'un contre l'autre, deux gouttelettes d'eau voisines, de même grosseur, donc tombant à la même vitesse, tendent à se réunir. Mais la discussion que Stickley a faite de cette théorie indique des délais considérables pour la formation de gouttes à partir des dimen-

(1) Voir : « Peut-on faire pleuvoir ? » (Science et Vie, n° 362, novembre 1947.)

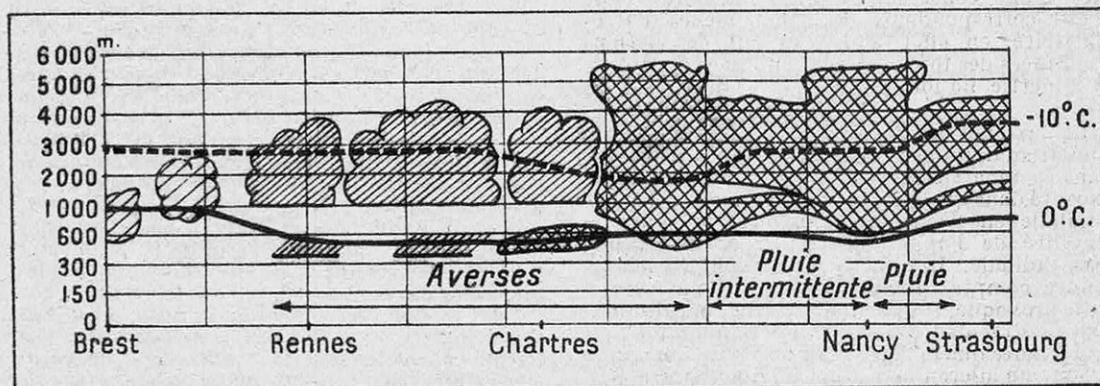


FIG. 1. — COUPE D'UN COURANT DE PERTURBATIONS D'OUEST

La figure représente, d'après M. Viaut (« Les Aspects du temps en Europe occidentale »), une perturbation d'ouest (5 janvier 1939, à 7 h) avec un passage pendant quatre à cinq heures d'un ensemble nuageux (alto-stratus épais doublé de nimbo-stratus et de nuages stratiformes bas), suivi pendant une égale durée de bancs d'alto-cumulus, de strato-cumulus, de cumulo-nimbus et de cumulus. La vitesse du vent varie entre 50 et 100 km/h, et son origine oscille entre le sud-ouest et le nord-ouest.

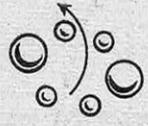
I. 	I. — <i>Attraction aérodynamique des gouttelettes voisines.</i>	La dissymétrie des pressions dans l'écoulement de l'air de la chute tend à coller les deux gouttelettes l'une contre l'autre.
II. 	II. — <i>Effet de turbulence.</i>	Par inertie, les gouttelettes les plus grosses, prenant ou perdant leur vitesse moins vite que les petites, sont rattrapées par celles-ci quand la vitesse s'accélère, et les rejoignent quand elle diminue.
III. 	III. — <i>Disparition de la charge électrique.</i>	Les gouttelettes s'agglomèrent lorsque disparaît la charge électrique de même signe qui les maintient éloignées (pluie après éclair).
IV. 	IV. — <i>Différence des tensions de vapeur entre gouttelettes de grosseur différente à même température.</i>	La tension de vapeur croissant avec la courbure, la plus grosse s'enrichit aux dépens de la plus petite.
V. 	V. — <i>Principe de la paroi froide.</i>	La tension de vapeur croissant avec la température les gouttes, les plus froides grossissent aux dépens des plus chaudes qu'elles rencontrent dans leur chute.
VI. 	VI. — <i>Différence des tensions de vapeur entre glace et eau.</i>	La tension de vapeur étant plus faible au-dessus de la glace que de l'eau surfondue, le cristal grossit au détriment de la gouttelette.

FIG. 2. — LES THÉORIES DE LA PLUIE

Seules la deuxième, la cinquième et la sixième des théories ci-dessus énoncées paraissent être vérifiées par le calcul faisant intervenir des données numériques convenables et par l'expérience, dans la formation spontanée des premières gouttes de pluie à partir des gouttelettes en suspension dans les nuages.

sions et de la densité habituelles des gouttelettes contenues dans les nuages.

La *turbulence* est une explication voisine, purement mécanique également et plus satisfaisante. Entraînées dans un mouvement tourbillonnaire de vitesse variable, les gouttelettes les plus grosses prennent leur vitesse ou la perdent plus lentement que les plus petites. Le mouvement tourbillonnaire n'est donc pas, pour elles, un mouvement d'ensemble respectant leurs distances mutuelles, mais un mouvement varié au cours duquel elles se rencontrent en s'agglomérant. Les mesures de Houghton (fig. 3 et 4) et les calculs d'Arenberg donnent une certaine probabilité à ce mode de formation des gouttes de pluie.

S'il est une explication qui paraît bien évidente, c'est celle qui attribue aux *phénomènes électriques* la chute des pluies d'orage. Le nuage, comme un « colloïde », est stable lorsque les gouttelettes voisines portent une charge électrique de même signe, qui peut d'ailleurs varier d'une région du nuage à l'autre ; leur répulsion s'oppose à leur agglomération. Que cette charge vienne à disparaître par le jeu d'un éclair qui la transporte au sol, ou à une autre région nuageuse chargée différemment, et rien n'empêche plus la réunion des gouttelettes en gouttes plus grosses. La pluie d'orage suit l'éclair et le tonnerre.

Malheureusement pour cette théorie, Bjerkness l'a soumise au contrôle du calcul, à partir des charges et des dimensions des gouttelettes ; les forces répulsives restent infimes. Au surplus, l'expérience montre que les décharges n'apparaissent qu'une fois les grosses gouttes formées. Il ne reste de l'explication électrique que la formation de composés oxygénés de l'azote dont certains sont particulièrement hygroscopiques et qui formeraient des noyaux puissants de condensation, mais ce ne serait qu'un facteur accessoire après que des gouttes de pluie sont déjà formées.

Les théories qui font intervenir les *tensions de vapeur* différentes suivant le diamètre des gouttelettes, leur température ou leur état, solide ou liquide, sont plus satisfaisantes. Elles recueillaient l'adhésion de la majorité des météorologistes et viennent d'être confirmés par les premières expériences de pluie artificielle.

La pression de vapeur saturante au-dessus d'une surface d'eau dépend de sa courbure ; elle est plus élevée, à température donnée, au voisinage d'une petite goutte qu'au voisinage d'une grosse ; il y a donc évaporation de la première et condensation sur la deuxième. Les gouttes de plus grand diamètre continuent à grossir aux dépens des petites. Cependant, le calcul montre encore que le phénomène n'est pas assez marqué pour expliquer le grossissement des gouttes de

pluie aux dimensions habituelles ; il ne jouerait que pour les très faibles diamètres, de l'ordre du dixième de micron, qui ne sont pas ceux des nuages visibles.

L'enrichissement des gouttes les plus froides au détriment des plus chaudes joue au contraire quelles que soient leurs dimensions. La tension de vapeur est plus élevée au voisinage de la goutte chaude qu'au voisinage de la goutte froide ; il y a donc transfert continu de la vapeur à la goutte froide pour la même raison que l'eau chaude d'une casserole va se condenser sur la vitre froide d'une fenêtre. La goutte initialement la plus froide accélère sa chute à travers le nuage en asséchant l'atmosphère de plus en plus chaude qu'elle rencontre et en provoquant l'évaporation des gouttelettes chaudes qu'elle traverse. Des circonstances variées peuvent produire des différences de température importantes entre gouttes d'un même nuage. Reynolds en a indiqué plusieurs : la radiation nocturne du sommet qui, si l'atmosphère est dégagée au-dessus du nuage, peut tomber à 2 ou 3° C de moins que les couches intérieures situées à quelques mètres ; l'ombre propre du nuage, spécialement lorsque le soleil est bas. Cet « effet Reynolds » est probablement important dans les régions tropicales.

Une troisième cause d'enrichissement par transfert d'eau vaporisée tient à la *différence des tensions de vapeur au contact de la glace et de l'eau en surfusion*. A une température donnée, cette tension est plus faible dans le système à deux phases solide-vapeur que dans le système liquide-vapeur (fig. 5). Dans un ensemble de cristaux et de gouttelettes surfondues en suspension dans de l'air saturé à une température uniforme inférieure à 0° C, il y a donc évaporation continue des gouttelettes et dépôt de la vapeur produite sur les cristaux, de la même manière qu'il y a évaporation sur les parois chaudes et condensation sur les parois froides dans une enceinte humide à température non uniforme.

La théorie de Bergeron-Findeisen

Cette dernière explication, présentée pour la

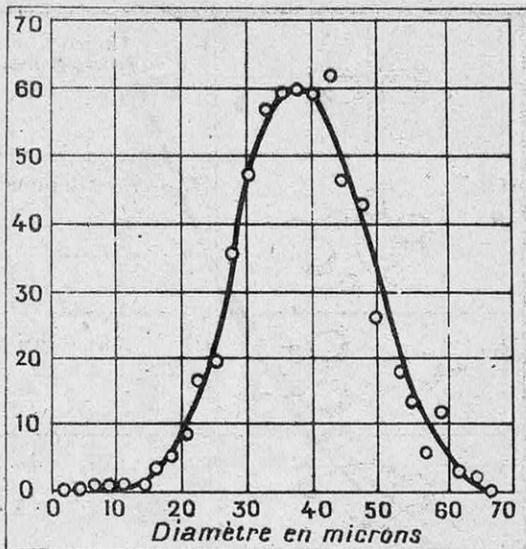


FIG. 3. — RÉPARTITION MOYENNE DANS LES NUAGES DES GOUTTELETTES D'EAU DE DIFFÉRENTS DIAMÈTRES. Les ordonnées de la courbe sont proportionnelles au poids total des gouttelettes de chaque diamètre. (D'après H.-G. Houghton et Radford.)

première fois par Bergeron en 1933 et précisée ensuite par Findeisen, est à la base de la théorie la plus généralement admise pour les régions tempérées (fig. 7).

Le nuage générateur de pluie est le plus souvent un cumulo-nimbus de plusieurs kilomètres de développement en hauteur ; la température de la base est ordinairement supérieure à 0° C, tandis que celle du sommet est inférieure à 0° C, en raison de la baisse de température avec l'altitude, qui est de 6,5° C par kilomètre dans l'atmosphère standard. Il ne faut pas en conclure que l'eau se trouve nécessairement à l'état de gouttelettes liquides à la partie basse et de flocons de neige à la partie haute : la surfusion est l'état normal, même à - 10° ou - 20° C ; il manque aux gouttelettes, pour se solidifier, soit un refroidissement encore plus intense, soit des cristaux de glace servant d'amorce à la solidification de l'ensemble. Tant que les premiers cristaux ne sont pas apparus, le nuage est parfaitement stable et ne montre aucune tendance à la précipitation.

Lorsque le début de la cristallisation se produit pour une cause quelconque, dont la plus naturelle est le refroidissement plus intense du sommet qui s'élève en altitude dans un courant ascendant — c'est d'ailleurs le mécanisme de la formation du cumulo-nimbus à partir du cumulus — cette stabilité cesse aussitôt. Les premiers cristaux de glace grossissent à partir des gout-

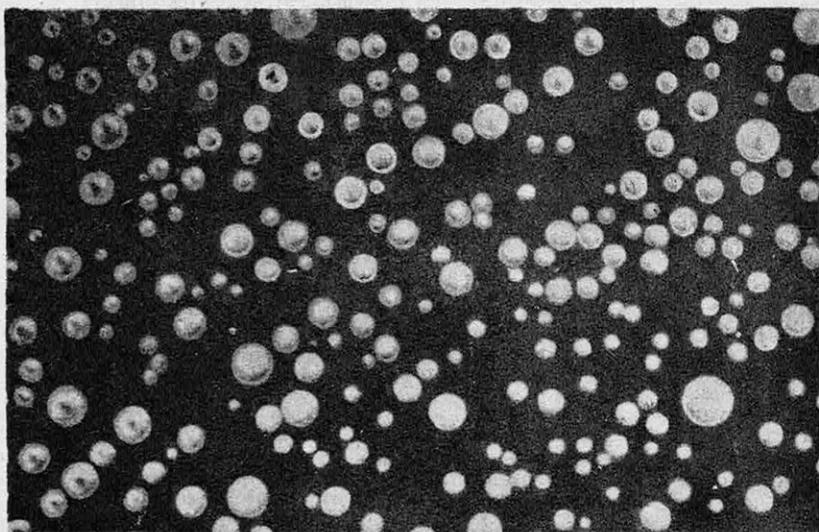


FIG. 4. — MICROPHOTOGRAPHIE, AU GROSSISSEMENT 70, DES GOUTTELETTES D'EAU EN SUSPENSION DANS UN NUAGE (D'APRÈS H.-G. HOUGHTON)

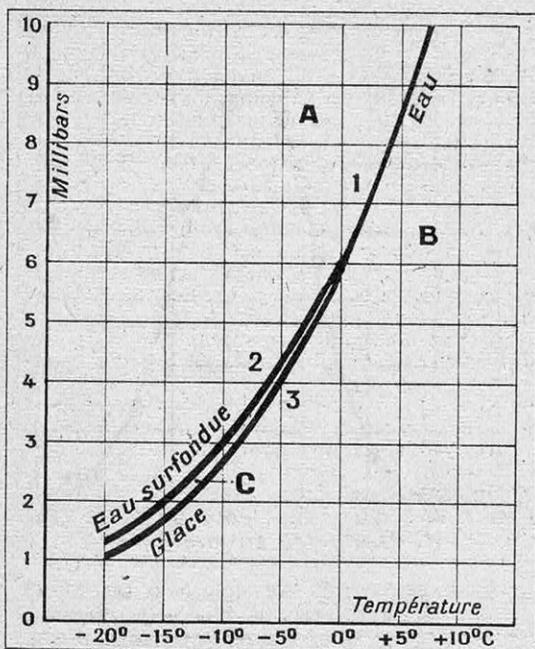


FIG. 5. — TENSION DE VAPEUR SATURÉE AU-DESSUS DE L'EAU ET DE LA GLACE

Dans une enceinte fermée où ne se trouvent que de l'eau et sa vapeur, la pression ou « tension » de cette vapeur s'établit à une valeur dite tension de saturation, représentée par la courbe 1 et qui ne dépend que de la température ; elle est, par exemple, de 8,7 millibars (1) à + 5° C. Si l'enceinte contenait initialement de l'air sec à une certaine pression, celle-ci est augmentée de cette tension de vapeur. Si la tension de vapeur au-dessus de l'eau est supérieure à la tension de saturation (région A), la vapeur se condense ; à l'inverse (région B), l'eau se vaporise. Aux températures inférieures à 0° C, la tension de saturation pour l'eau en surfusion (courbe 2) est supérieure à celle de la glace (courbe 3). Pour une tension de vapeur intermédiaire, par exemple pour 2,7 millibars à - 10° C, les gouttelettes d'eau se vaporisent, car leur tension de saturation est 2,86 millibars, la vapeur se dépose au contraire sous forme de glace sur les cristaux, car leur tension de saturation est de 2,62 millibars. Cet enrichissement des cristaux au détriment des gouttelettes explique le grossissement des premiers cristaux provoqués ou introduits dans le nuage contenant des gouttelettes surfondues (neige carbonique ou iodure d'argent).

telettes voisines par le jeu de la différence des tensions de vapeur ; les flocons de neige formés tombent et, parvenus dans les couches à température supérieure à 0° C, fondent et atteignent le sol sous forme de gouttes de pluie si elles sont assez grosses à l'origine, ou si l'air est assez humide pour qu'elles n'aient pas le temps de disparaître par évaporation entre la base du nuage et le sol.

Bien avant les premières expériences de pluie artificielle qui la confirment, cette théorie était acceptée de la plupart des météorologistes. L'analyse par Stickley des vols d'étude américains de 1932 à 1937, résumée dans le tableau de la figure 8, montre qu'elle convient dans la très grande majorité des cas.

(1) Le millibar, unité de pression employée en météorologie vaut 1 000 dynes/cm², soit 1,02 g/cm². La pression atmosphérique standard de 760 mm de mercure au niveau de la mer est de 1 013 millibars.

La pluie artificielle

La neige carbonique, l'air liquide, l'iodure d'argent et les nombreuses variantes qui visent à provoquer la cristallisation des gouttelettes surfondues, conviennent pour produire la pluie artificielle dans les conditions où la théorie de Bergeron expliquerait la pluie naturelle : nuages dont le sommet est à moins de 0° C, et auxquels manquent seulement les quelques cristaux de glace qui déclencheraient la précipitation.

C'est la neige carbonique qui a été employée la première, en Australie, en Amérique, en Belgique ; c'est elle encore qui a servi en janvier dernier au Service des Recherches de la Météorologie française pour provoquer la pluie sur Melun et Meaux. La dose nécessaire est assez faible, puisque 20 kg de neige carbonique granulée ont suffi, au-dessus de Melun, à ensemençer sur 1,9 km un strato-cumulus qui s'est dissous ensuite sur 1 km de large et 0,8 km d'épaisseur.

L'air liquide a été expérimenté à l'échelle du laboratoire par l'Office national d'Études et de Recherches aéronautiques ; on annonçait récemment, dans une note présentée à l'Académie des Sciences, qu'il provoquait la précipitation du brouillard en surfusion dans des conditions analogues à la neige carbonique.

Neige carbonique et air liquide agissent par le même mécanisme, qui est l'abaissement local intense de température au voisinage d'un grain à - 80° C ou d'une goutte à - 180° C ; la surfusion des gouttelettes d'eau les plus proches est rompue et les cristaux ainsi formés grossissent au dépens des gouttelettes voisines en surfusion par le mécanisme décrit, que précise la figure 2.

L'iodure d'argent, tel qu'il est employé par la General Electric Co, agit en tant que cristal « isomorphe » de la glace (1). Il cristallise en effet soit en octaèdres, soit en prismes hexagonaux, mais cette variété est la seule stable au-dessus de + 146° C. Il a le gros avantage d'être, de tous les composés halogénés de l'argent, le moins soluble, avec un taux de 2 à 3 millièmes en poids (suivant les procédés de mesure employés à cette détermination délicate). Il est enfin indécomposable par la chaleur, même au rouge blanc.

C'est évidemment cet ensemble de propriétés qui justifie son choix malgré son prix élevé de quarante dollars au kilogramme ; elles permettent en effet de le diviser en particules très fines, insolubles dans l'eau atmosphérique et entraînées par le vent à des distances considérables.

Le procédé de division choisi est un générateur fumigène où l'iodure vaporisé au-dessus d'une flamme chaude est brusquement refroidi dans un jet d'air qui le condense ; le diamètre des particules obtenues, décelables seulement par le microscope électronique, ne dépasserait pas le millième de millimètre. Le Dr Vonnegut estime que l'on pourrait ensemençer les nuages à une densité convenable avec 1 kg d'iodure d'argent pour un carré de 400 km de côté.

(1) Deux corps sont dits isomorphes lorsqu'ils présentent une même forme de cristallisation. Dans ce cas, ils peuvent cristalliser ensemble, un seul cristal pouvant contenir les deux corps en proportion quelconque et, en particulier, des cristaux de l'un d'eux peuvent servir de germes pour provoquer la solidification ou la précipitation de l'autre lorsque ce dernier est à l'état de liquide surfondu, de solution ou de vapeur sursaturée.



FIG. 6. — PERCÉE EFFECTUÉE DANS UNE MER DE NUAGES PAR UN AVION AU MOYEN DE NEIGE CARBONIQUE
 Cette percée a été effectuée au-dessus d'un aérodrome, dans un plafond de nuages givrants, pour en permettre la traversée sans danger. (U. S. Army Signal Corps.)

L'aspersion des nuages à l'eau, qui vient d'être employée avec succès par Langmuir et la General Electric Co., complète les procédés par cristallisation. D'après les résultats obtenus en France, la pluie artificielle est d'autant plus aisée à provoquer qu'il fait plus froid : d'excellents résultats auraient été obtenus lorsque le sommet du nuage était à -18°C , de moins nets lorsqu'il était à -8°C , et des résultats négatifs aux températures à peine inférieures à 0°C . De son côté, si l'on en croit une communication à l'Académie des Sciences de Washington, Langmuir aurait obtenu des résultats satisfaisants avec des nuages de température assez élevée et aurait même provoqué la pluie par aspersion à partir d'un nuage dont la totalité était à plus de 0°C . Le résultat n'est pas très surprenant ; le procédé avait déjà été mis en œuvre avec succès pour la dispersion du brouillard sur les aérodromes, en concurrence avec le système Fido (Fog Investigation Dispersal Operation) de réchauffage par combustion de gasoil ou d'huiles lourdes (1). Le rendement, affirme-t-on, s'accommoderait des capacités de transport des avions actuels.

On disposerait ainsi de procédés complémentaires, la cristallisation par le froid ou les corps isomorphes s'appliquant aux nuages d'hiver en zone tempérée, l'aspersion à l'eau aux nuages d'été ou à la zone tropicale.

La réalisation pratique

Exposant récemment les possibilités ouvertes

par le contrôle des précipitations atmosphériques, le Dr Langmuir, qui dirige les études entreprises à cette fin par la General Electric Co., déclarait qu'on pourrait « modifier la nature des formations nuageuses qui recouvrent le Nord des États-Unis pendant toute la durée de l'hiver, réduire la nébulosité, éviter la grêle, les tempêtes de neige et le givrage, et même modifier sensiblement la température moyenne pendant les mois d'hiver. »

L'un des collaborateurs de Langmuir, le Dr Vonnegut, en admettant également que de telles éventualités soient proches, se montrait plus pessimiste quant aux résultats. « Il faut, écrivait-il, qu'une législation intervienne pour éviter les erreurs et les actes malveillants. S'il est particulièrement simple de surveiller et de limiter l'arrosage des nuages par des paillettes de glace carbonique, il est beaucoup plus difficile de détecter l'existence d'un générateur illégal agissant d'un point quelconque du territoire, la fumée d'iodure d'argent qu'il émet étant invisible. N'importe qui pourrait en construire des centaines et s'en servir à des fins contraires à la sécurité des États-Unis. »

Que ce soit pour transformer en une gigantesque Côte d'Azur les pays à climat moins agréable et pour arroser les zones à pluviométrie insuffisante, ou pour ruiner l'agriculture de l'adversaire en inondant une partie de son territoire et asséchant l'autre, la transposition à l'échelle continentale des essais limités jusqu'à présent à quelques kilomètres carrés suppose une organisation matérielle d'une puissance

(1) Voir *Science et Vie*, n° 333 (juin 1945) p. 255.

énorme, en rapport avec les résultats escomptés.

Il est possible que l'iodure d'argent se prête à des réalisations à pareille échelle. L'argent est, aux États-Unis, un sous-produit des minerais de plomb argentifère dont on a beaucoup de mal à maintenir les cours ; les réserves de la mer en iode sont illimitées.

Mais l'avion doit pouvoir apporter à lui seul la solution cherchée, aussi bien pour les pluies d'hiver à partir de nuages dont le sommet est en surfusion, que pour les pluies d'été à partir de nuages dont la température d'ensemble est supérieure à 0° C.

L'avion frigorifique

Dans le premier cas, celui des nuages froids, l'augmentation de puissance des avions producteurs de pluie artificielle peut être recherchée dans la production directe du froid à bord de l'appareil.

Il peut sembler paradoxal de proposer le

la conduite d'une machine frigorifique, donneront entre trois et quatre fois plus de frigories, suivant le rendement ou la température à laquelle sont produites ces frigories ; en gros, la calorie-essence donne une frigorie ; il suffit donc d'en emporter, à bord de l'avion, un poids cent trente fois plus faible que celui de la glace.

Les éléments principaux d'une machine frigorifique sont le compresseur et le moteur qui le conduit. Or, ils se trouvent déjà montés sur un grand nombre d'avions pour la propulsion, et l'emploi de l'air comme fluide en circuit convient fort bien si l'on n'a besoin que d'un abaissement de température modéré. On y a déjà eu recours sur plusieurs types de machines frigorifiques, avec leur cycle habituel : compression adiabatique (c'est-à-dire sans échange de chaleur avec l'extérieur), refroidissement dans un échangeur qui enlève la chaleur développée dans la compression, détente productrice de froid.

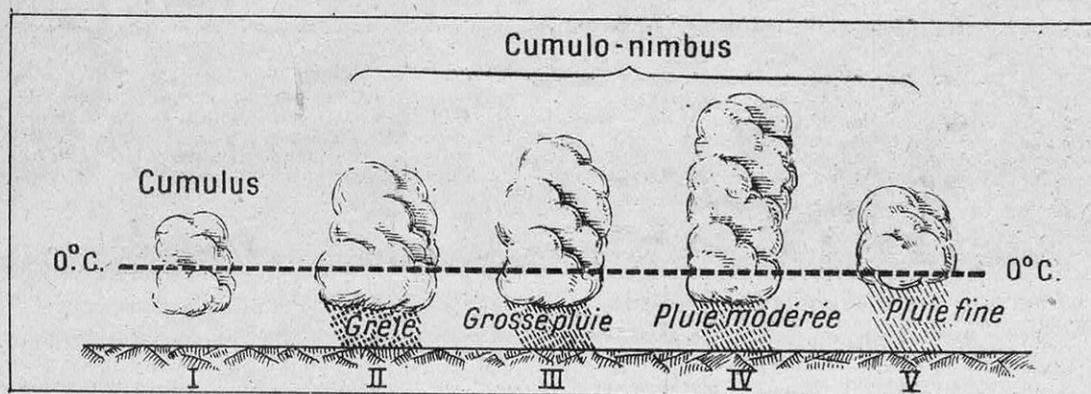


FIG. 7. — FORMATION ET PRÉCIPITATION D'UN CUMULO-NIMBUS (D'APRÈS FINDEISEN)

Le cumulus I, dont le sommet, composé de gouttelettes en surfusion, s'élève dans un courant ascendant, devient le cumulo-nimbus II. Lorsque le sommet atteint environ 3 000 m au-dessus de l'isotherme 0° C, il se prend en glace, qui descend à travers le nuage sous forme de neige granuleuse ; si le courant ascendant est assez fort, ces grains de neige ont le temps de grossir en s'enrobage de gouttelettes d'eau solidifiée et transparente, et peuvent traverser l'intervalle de l'isotherme zéro jusqu'au sol où ils arrivent sous forme de grêle. La phase III, qui suit ou remplace cette grêle, est la chute de grosses gouttes d'eau provenant de la fusion du mélange de glace et d'eau sursaturée ; cette phase absorbe la plus grande partie de la capacité de précipitation du nuage. En IV, une pluie modérée en intensité comme en grosseur de gouttes lui succède. En V, état final du cumulo-nimbus épuisé, le courant ascendant a disparu, les gros cristaux de glace ont diminué par évaporation et se sont rassemblés sous forme de flocons de neige au voisinage de l'isotherme 0° C, d'où ils entretiennent pendant un instant une pluie rare et fine.

montage sur avion d'une mécanique aussi lourde que les machines frigorifiques en usage à terre, complétée par le combustible nécessaire à son fonctionnement, quand le froid est précisément livré à de nombreux utilisateurs sous la forme de glace ordinaire ou de neige carbonique. Mais c'est oublier qu'on dispose déjà, sur plusieurs types de moteurs d'avions, des éléments essentiels pour cette production.

Tout d'abord, l'objection du combustible supplémentaire disparaît dès qu'on le chiffre. La chaleur de fusion de la glace ordinaire, 79 calories au kilogramme, c'est-à-dire le nombre de « frigories » pratiquement disponible dans 1 kg de glace, est très faible par rapport au nombre de calories disponible dans un même poids d'hydrocarbures, de l'ordre de 10 500 cal/kg, dont la transformation en « frigories » se fait avec un rendement élevé : s'il faut 210 g d'essence, soit 2 200 calories, pour donner un cheval-heure qui n'en représente plus que 635, ces mêmes 635 calories, sous forme d'énergie mécanique appliquée à

Le tableau de la figure 8 donne, pour une compression ou une détente adiabatique de rendement unité, le rapport des températures absolues et, au voisinage de 0° C, la valeur approchée de l'échauffement ou du refroidissement correspondant. Par exemple, de l'air à 0° C comprimé dans un rapport de pression de 1,25 s'échaufferait de 18° C à la compression et se refroidirait de la même quantité par une détente immédiate. Le taux d'échauffement ou de refroidissement est indépendant de la pression de l'air et ne dépend que des taux de compression ou de détente ; l'échauffement ou le refroidissement lui-même dépend légèrement de la température initiale.

Dans la réalité, l'élévation de la température à la compression sera supérieure au chiffre indiqué, d'autant plus que le rendement du compresseur sera plus faible ; l'abaissement de la température à la détente lui sera inférieur, d'autant plus que le rendement de l'organe de détente (tuyère ou turbine) sera plus faible.

NOMBRE DE CAS OÙ :	ÉTÉ (avril à septembre.)		HIVER (octobre à mars).		TOTAL
	Station sud.	Station nord.	Station sud.	Station nord.	
1. La précipitation provenait d'un nuage traversé par l'isotherme 0° C.....	86	55	97	54	292
2. La précipitation, dans un nuage traversé par l'isotherme 0° C, ne sortait pas du nuage.....	4	1	7	0	12
3. La pluie légère ou la bruine provenait d'un nuage sans particules de glace.....	3	2	5	0	10
4. On n'a pas eu les éléments voulus pour se prononcer.....	12	11	8	5	36
5. La théorie de Bergeron a été trouvée en défaut.....	6	0	4	0	10
Total:	114	69	124	59	360

FIG. 8. — ANALYSE PAR STICKLEY DES VOLS D'ÉTUDE DE PLUIES

Les 360 vols analysés ont été exécutés entre 1932 et 1937, dans treize stations des États-Unis. La majorité, 232 vols, correspond à des stations voisines de la zone tropicale où il est admis que la théorie de Bergeron (formation des gouttes à partir de cristaux de glace) n'explique pas certaines pluies. La théorie n'a cependant été infirmée qu'au cours de dix vols seulement, tous dans les stations sud et, à la rigueur, au cours de dix autres vols dont huit dans les stations sud où l'on a constaté une pluie légère ou de la bruine en provenance d'un nuage dont la température était supérieure à 0° C dans sa totalité.

D'autre part, on ne peut évidemment ramener l'air comprimé à la température ambiante ; il y faudrait un échangeur infini, sans pertes de charge. On ne peut guère compter en pratique, surtout pour une installation d'avion, sur un abaissement de température dans l'échangeur de plus de moitié de l'échauffement à la compression, si celui-ci est de l'ordre de 30° à 40° C.

On peut donc tabler, en pratique, sur les chiffres suivants : pour une compression au taux de 1,5, l'élévation de température en fin de compression est de 38° C (33° : 0,87, rendement du compresseur) ; l'abaissement de température dans l'échangeur, de 20° C ; et l'abaissement de température à la détente de 30° C (33° × 0,9, rendement du détendeur), d'où un refroidissement d'ensemble de l'air de 12° C (20° + 30° - 38°).

Sans entrer dans des calculs compliqués, il est aisé d'évaluer l'ordre de grandeur de la puissance frigorifique disponible sur un avion à turboréacteur où l'on prélèverait une part importante de l'air débité par le compresseur pour l'envoyer dans un échangeur et une tuyère de détente. Un turboréacteur Rolls-Royce « Nene », donnant une poussée de 2 268 kg, consomme 1,06 kg de gasoil par kilogramme de poussée et par heure, soit 2 340 kg/h. La proportion d'air est d'environ 50 d'air pour 1 de gasoil ; il passe donc, au sol, à pleine puissance, 117 000 kg/h dans le compresseur. Le chiffre est beaucoup plus élevé encore relativement, dans les turboréacteurs à dilution où, après un premier étage de compression, une fraction seule de l'air est envoyée dans les chambres de combustion de la turbine et rejoint le reste à l'échappement. Des turboréacteurs établis suivant cette formule pour-

raient livrer 100 000 kg d'air à l'heure pour le refroidissement ; ce n'est d'ailleurs que le débit qui passe, vers 4 000 m et 400 km/h, dans une prise d'environ 60 cm de diamètre.

Comment utiliser cette puissance frigorifique qui est énorme vis-à-vis de celle que l'on peut attendre d'un transport de neige carbonique ou d'air liquide ?

On peut espérer d'abord qu'il se formera dans cet échappement d'air froid la même traînée de glace que l'on remarque à même altitude dans l'échappement sursaturé en humidité d'un moteur (fig. 10) (1). On peut, s'il le faut, provoquer cette cristallisation à bord de l'avion dans un dispositif de givrage artificiel dont le dégivrage mécanique continu débiterait des cristaux de glace assez gros. Peut-être même peut-on

(1) Une autre explication de ces traînées est l'ionisation de l'échappement, les ions servant de noyaux pour la formation rapide de cristaux. Voir : « D'où viennent les traînées nuageuses dans le sillage des avions ? » (Science et Vie, n° 318, février 1944.)

TAUX DE COMPRESSION	RAPPORT DES TEMPÉRATURES ABSOLUES	VARIATION DE TEMPÉRATURE
1,1	1,03	8° C
1,25	1,065	18° C
1,5	1,12	33° C
2	1,22	60° C

FIG. 9. — ÉCHAUFFEMENT DE L'AIR AU COURS D'UNE COMPRESSION ADIABATIQUE EN SUPPOSANT LE RENDEMENT ÉGAL À L'UNITÉ

Le rapport des températures absolues en fin et au début de la compression (ou de la détente) est proportionnel à la puissance 0,286 du taux de compression. L'échauffement (ou le refroidissement, en cas de détente) est donné d'une manière approchée dans la troisième colonne, pour les faibles taux de compression et les températures voisines de 0° C.

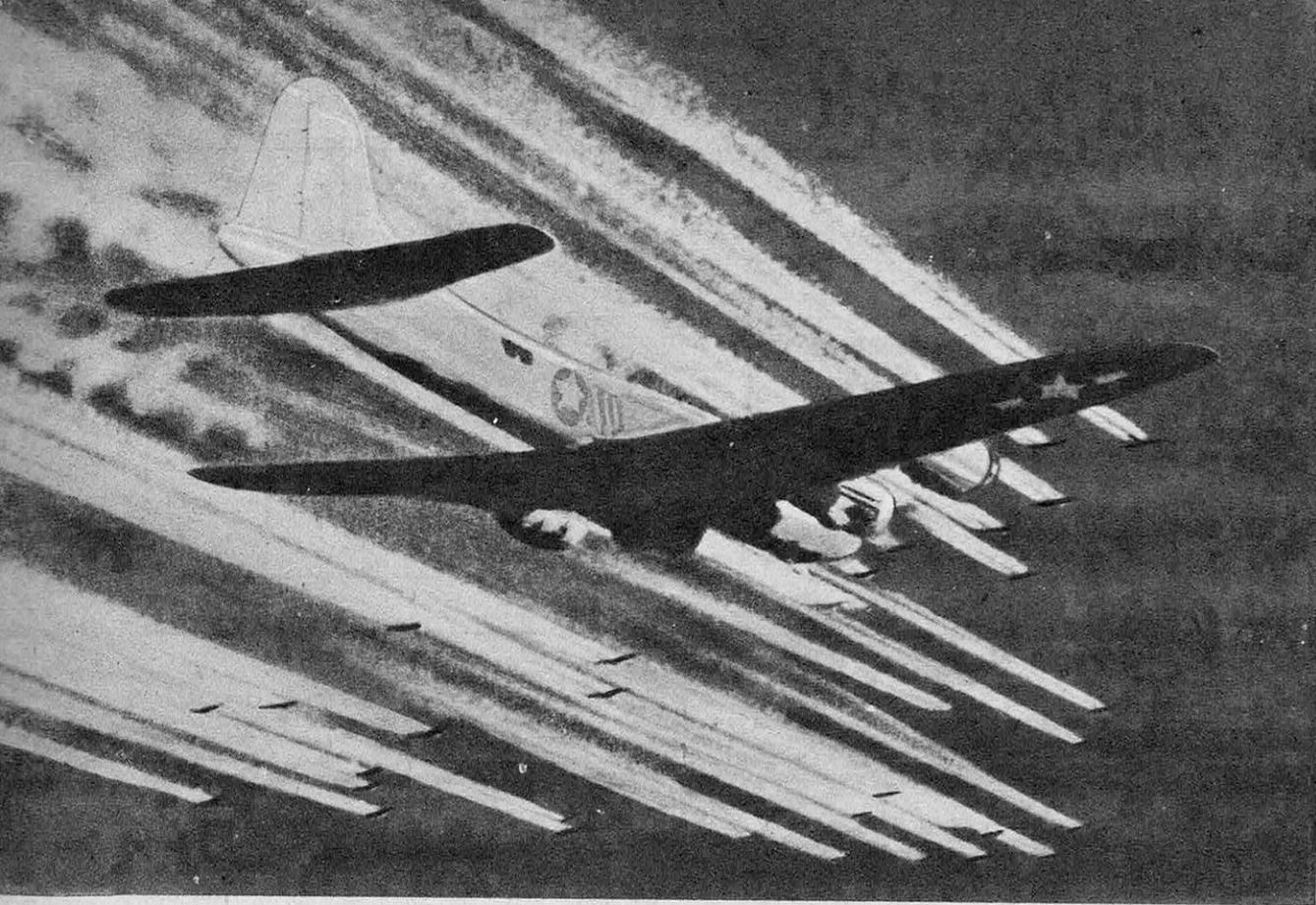


FIG. 10. — TRAINÉES DE GLACE PROVOQUÉES PAR L'ÉCHAPPEMENT D'AVIONS VOLANT A 6 000 M PAR — 14° C

simplement utiliser les dispositifs ordinaires de dégivrage mécanique d'un bord d'attaque d'aile refroidi.

L'avion-citerne

La précipitation artificielle, par arrosage, d'un nuage à une température supérieure à 0°C, est un problème de transport d'eau.

Sur courte distance, comme ce sera évidemment le cas lorsque la pluie artificielle d'été sera entrée dans la pratique agricole courante, l'avion pourra emporter près de la moitié de son poids total en eau. Tout le problème économique de la pluie artificielle d'été se ramènera à l'exécution de ce transport au plus bas prix.

Au premier abord, il semble que la préférence devra être donnée à quelque avion-cargo lent, chargé, par exemple, à 300 kg/m² et 6 kg/ch, et aménagé en citerne.

Un premier inconvénient de ce type d'appareil est l'exigence de terrains de grandes dimensions, donc coûteux. Si l'on a pu admettre que la guerre aérienne justifiait en Angleterre l'affectation d'une part importante du sol national à l'aviation, on n'acceptera pas de transformer, en temps de paix, le quart de la surface cultivable d'un pays en terrains d'atterrissage pour arroser les trois autres quarts. Il faudra donc consentir à l'emploi d'un appareil chargé par exemple à 250 kg/m² et 3 ou 4 kg/ch, décollant aisément sur 800 à 1 000 m.

Cette formule ne présente d'ailleurs que des avantages du point de vue de l'économie du transport. L'avion à 300 kg/m² et 6 kg/ch mettra plus d'une demi-heure pour atteindre le

sommet d'un cumulo-nimbus à 5 000 m, quand l'avion à performances de décollage supérieures ne mettra que dix minutes. Assurément, pendant cette demi-heure, le premier fera 150 km et le second 60 km ; les terrains devront être plus resserrés pour celui-ci que pour celui-là. Mais, le jour où la pluie artificielle se sera généralisée, on affectera plus d'un terrain pour celui-ci, on affectera plus d'un terrain pour celui-là. Mais, le jour où la pluie artificielle se sera généralisée, on affectera plus d'un terrain pour celui-ci, on affectera plus d'un terrain pour celui-là. Mais, le jour où la pluie artificielle se sera généralisée, on affectera plus d'un terrain pour celui-ci, on affectera plus d'un terrain pour celui-là.

Perspectives d'avenir

Aussi bien comme frigorifique que comme avion-citerne, il se trouve que les caractéristiques désirables se rapprochent beaucoup plus de celles d'un avion militaire que de celles d'un avion de transport. L'avion météorologique de demain, c'est l'avion de chasse, dont le turboréacteur se transformera instantanément en une machine frigorifique de 400 000 frigories par heure pour peu qu'on lui ajoute un échangeur en fuselage, et montera en trois minutes à 4 000 ou 5 000 m les 5 tonnes d'eau que l'on aura logées dans ses réservoirs de bout d'aile. Le même personnel, avec le même matériel, pourra, en temps de paix, aider l'agriculture, remplir les barrages, arrêter les inondations, préserver des intempéries les cérémonies officielles et, en temps de guerre, provoquer la famine chez l'adversaire par un mélange savamment dosé de pluies et de sécheresses localisées.

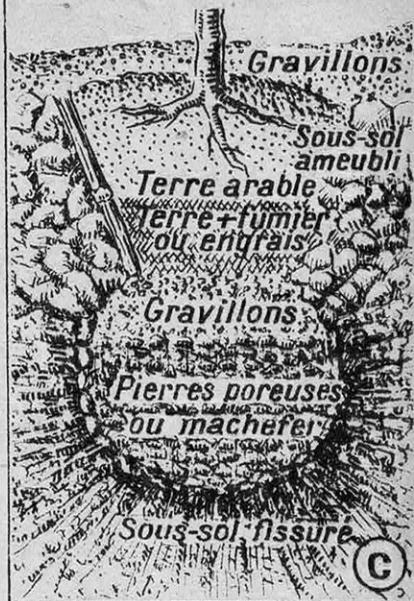
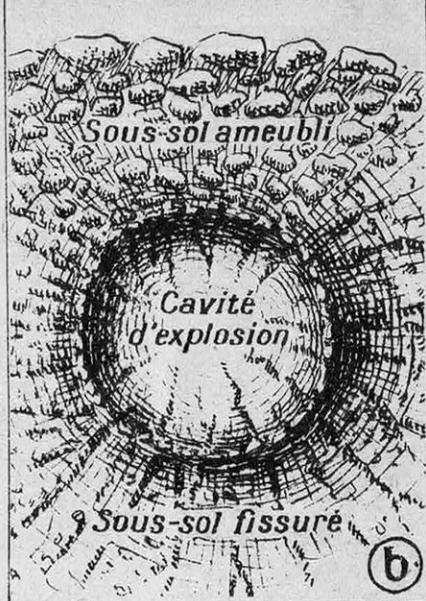
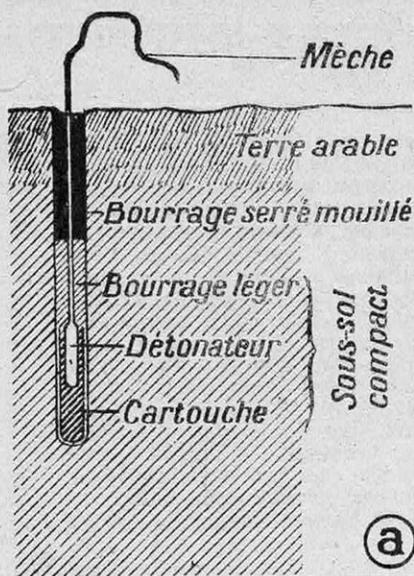


FIG. 1. — TROIS PHASES DE LA PLANTATION D'UN ARBRE

En a, la charge explosive est prête à sauter. La cartouche se trouve à 80 cm environ de la surface du sol, et le bourrage a été commencé à l'aide de l'engrais que l'on veut répartir dans le sol. En b, la charge a explosé, créant un « camouflet » au-dessus duquel se trouve de la terre émietlée. Le sol est fissuré dans un volume assez étendu autour du point d'explosion. En c, l'arbre est planté. Dans le trou creusé par l'explosion, on a rajouté du mêchefer ou des pierres poreuses, puis de la bonne terre arable mélangée de fumier ou d'engrais en proportion convenable.

LES EXPLOSIFS AGRICOLES

par Jean COTTENET

L'emploi des explosifs était encore, il y a un demi-siècle, une opération exceptionnelle et qui n'était pas exempte de danger. Depuis lors, les chimistes ont mis au point des produits offrant une sécurité parfaite et dont les applications n'ont cessé de s'étendre. Dans le domaine de l'agriculture, en particulier, les explosifs peuvent rendre des services importants. Ils permettent d'effectuer de façon presque instantanée et très économiquement des tâches longues et pénibles telles que la plantation et l'arrachage des arbres et tous les travaux d'aménagement du sol : dérochement, défonçage, drainage et irrigation.

On considère généralement les explosifs comme des produits dangereux à manipuler et dont, en dehors de l'extraction des minerais dans les carrières et les mines, et certains grands travaux tels que la construction des barrages, les applications sont d'ordre presque exclusivement militaire. Cette opinion, qui remonte à l'époque où l'on ne connaissait que des produits très sensibles au choc ou à la flamme et d'une conservation difficile, et partant de propriétés variables, n'est plus fondée à l'heure actuelle et les applications des explosifs modernes pourraient être variées à l'extrême si leurs possibilités étaient mieux connues. En particulier, leur emploi s'impose dans une foule de travaux agricoles qu'ils permettent de mener à bien beaucoup plus vite, plus économiquement, avec moins de peine et souvent avec des résultats supérieurs à ceux que donnent les autres méthodes.

Au point de vue sécurité, l'emploi des explo-

sifs n'est pas plus dangereux que celui de certaines machines agricoles : un outil mal manœuvré peut toujours provoquer des accidents, mais ceux-ci sont extrêmement rares avec les explosifs quand on observe certaines précautions que les règlements administratifs ont depuis longtemps codifiées.

L'explosif agricole

L'explosif utilisé en agriculture doit satisfaire à un certain nombre de conditions particulières : ce doit être un explosif de grande puissance, très brisant, insensible aux chocs ordinaires et à la flamme, résistant bien à l'humidité.

Il ne doit pas être toxique pour les plantes et doit au contraire constituer un engrais pour les cultures. Les explosifs chloratés, par exemple, ne conviennent pas puisqu'on se sert de chlorate pour tuer les mauvaises herbes. Enfin, il doit être bon marché.

Le produit idéal est l'explosif nitré et on



emploi d'ordinaire un mélange de mélinite, de mono- ou dinitronaphtaline, de nitrocrésol et de trinitrophénol, qui se présente sous la forme d'une poudre fine de couleur jaune, ensachée dans des cylindres de papier paraffiné qui la protègent de l'humidité. L'explosif à base de nitrate d'ammoniaque est également indiqué. La décomposition de l'explosif produit de l'oxyde de carbone, gaz toxique qui détruit les insectes et rongeurs qui pullulent sous la terre et qui n'auraient pas été tués par l'explosion. Les gaz d'explosion renferment également des composés de l'azote qui, après assimilation par le sol, lui fournissent un apport nitraté. Les cartouches d'explosif agricole ont des dimensions standard : leur diamètre est de 3 cm et elles pèsent environ 100 g. Elles sont transportées par caisses de 25 kg.

A la fin de l'occupation allemande, qui en

FIG. 2. — DEUX PHASES DE L'ABATTAGE RAPIDE D'UN GROS ARBRE A L'AIDE DE CHARGES EXPLOSIVES

Ci-contre, les charges ont été placées à la base du tronc et sont reliées au détonateur (que l'opérateur désigne du doigt) par des relais de cordeau détonant. Ci-dessous, l'arbre est abattu. (Photos Gesell.)



avait interdit l'emploi, les formalités d'approvisionnement en explosif agricole ont été notablement simplifiées et ce produit est vendu par les fabricants d'explosifs industriels contre des bons d'achat visés par la mairie, la gendarmerie, la Direction départementale des services agricoles, et, dans certains cas, par le préfet.

Nous ne décrirons pas dans le détail les accessoires d'emploi des cartouches :

— la mèche lente de sûreté, contenant une « âme » de poudre noire qui brûle à la vitesse de deux tiers de mètre par minute et donne à l'opérateur le temps de s'éloigner de la zone dangereuse ;

— le détonateur, qui produit l'onde explosive et la communique à la charge au contact de laquelle il est placé ;

— le cordeau détonant, qui transmet l'onde explosive produite par le détonateur à la vitesse de 8 500 m/s, et la communique aux charges au contact desquelles on le place. Grâce à lui, on peut faire sauter simultanément autant de charges qu'il est nécessaire.

Les précautions à prendre pour manipuler efficacement et sans danger l'explosif agricole sont décrites dans des traités spécialisés qui indiquent également l'ordre de grandeur des charges à employer dans les cas les plus fréquents. Nous passerons seulement en revue les applications les plus intéressantes qui sont extrêmement variées.

La plantation, le sous-solage et l'arrachage des arbres

La plantation des arbres à la bêche est un travail long et pénible. On creuse un trou d'assez grandes dimensions pour que le jeune arbre, une fois planté, trouve une terre meuble dans laquelle ses racines se développeront facilement. Mais cette terre se trouve dans une sorte de cuvette dont les parois sont constituées par un sol beaucoup plus dur puisqu'il n'a pas été travaillé. En particulier, si le sol est argileux et la saison sèche, les racines ne pourront percer le véritable mur que constitue la glaise desséchée et le sujet, d'abord vigoureux, végétera sans qu'on en devine la raison. C'est là la cause la plus fréquente des échecs enregistrés dans la plantation des arbres. Mais, si on creuse le sol à l'aide d'une ou, au maximum, de deux cartouches explosant à 80 cm de profondeur (fig. 1), la déflagration ne se contentera pas de pulvériser 1 m³ cube de terre, mais elle ameublira 4 à 5 m³ autour du trou dans lequel on plantera l'arbre. Les insectes seront tués tant par l'onde explosive que par les gaz de l'explosion. Il suffira d'enlever juste assez de terre pour pouvoir y planter l'arbre puisque le sol tout autour des racines est émiétté ou fissuré. Ses racines pourront s'y développer à l'aise, et, même si l'été qui suit la plantation est exceptionnellement sec, cela ne nuira en rien à la reprise du jeune arbre. Il est d'ailleurs possible de renforcer l'action fertilisante des produits de décomposition de l'explosif par un apport d'engrais que l'explosion dispersera dans la terre. Pour cela, on commence le bourrage de la cartouche avec la quantité d'engrais convenable.

Des expériences dûment contrôlées ont montré que des arbres fruitiers plantés à l'explosif donnent des fruits trois ans plus tôt, que les sujets plantés par les méthodes ordinaires, et que ces fruits sont plus beaux et plus sains. Un tel

gain de rendement et de qualité suffirait à justifier l'adoption de la nouvelle méthode qui présente en outre l'avantage d'être moins coûteuse : le prix de revient d'un trou de plantation creusé à l'explosif est environ moitié moins élevé que celui d'un trou fait à la bêche.

D'ailleurs, si l'arbre a été planté à la bêche et qu'on le voit dépérir, le mal n'est pas sans remède ; il est possible, à l'aide de quelques demi-cartouches judicieusement tirées autour du tronc (à 80 cm de profondeur et à l'aplomb de l'extrémité des branches) d'ameublir le sol, de le fertiliser et d'offrir aux racines de l'arbre un domaine plus vaste. Cette opération, appelée *sous-solage*, suffit en général à rendre la santé au sujet malade.

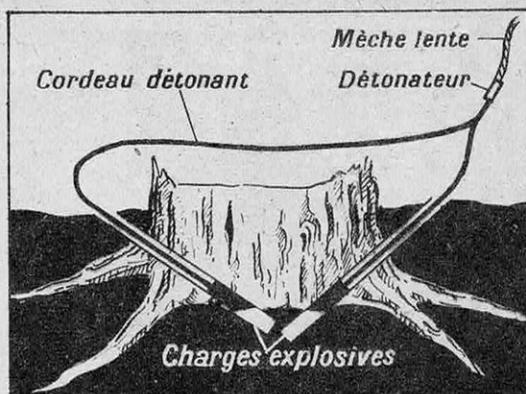


FIG. 3. — SCHEMA DE LA MISE EN PLACE DES CHARGES EXPLOSIVES POUR L'EXTRACTION D'UNE SOUCHE

Les charges d'explosif sont placées dans les fourches des racines principales ou au contact de celles que l'on veut sectionner. Leur déflagration simultanée est assurée par des relais de cordeau détonant.

Exécuté en automne après la chute des feuilles, le sous-solage fait sentir son action au printemps de l'année suivante.

L'arrachage des arbres s'effectue très rapidement à l'explosif (fig. 2), mais son emploi doit être limité aux arbres destinés à fournir du bois de chauffage, car il n'est pas rare que l'explosion détériore le tronc. La charge doit être placée le plus loin possible sous l'arbre. Parfois plusieurs charges reliées entre elles par du cordeau détonant devront être disposées autour du pied dont on aura préalablement dégagé les grosses racines. Dans ce cas, la souche sera extraite du sol en même temps que l'arbre.

Si le bois de l'arbre est au contraire destiné à la charpente ou à la menuiserie, on abattra l'arbre par les procédés classiques, ou on attaquera non plus la base du tronc, mais les grosses racines à quelque distance du tronc. Dans tous les cas, l'extraction de la souche pourra être faite très rapidement à l'explosif.

Le *dessouchage* à la main est tellement pénible et onéreux que le plus souvent on laisse pourrir lentement les souches en terre. Il est facile de récupérer le bois des souches en extrayant celles-ci à l'explosif. Il faut, en général, placer plusieurs charges autour de la souche, si possible dans les fourches formées par les racines principales (fig. 3). Les charges explosent simultanément grâce à des

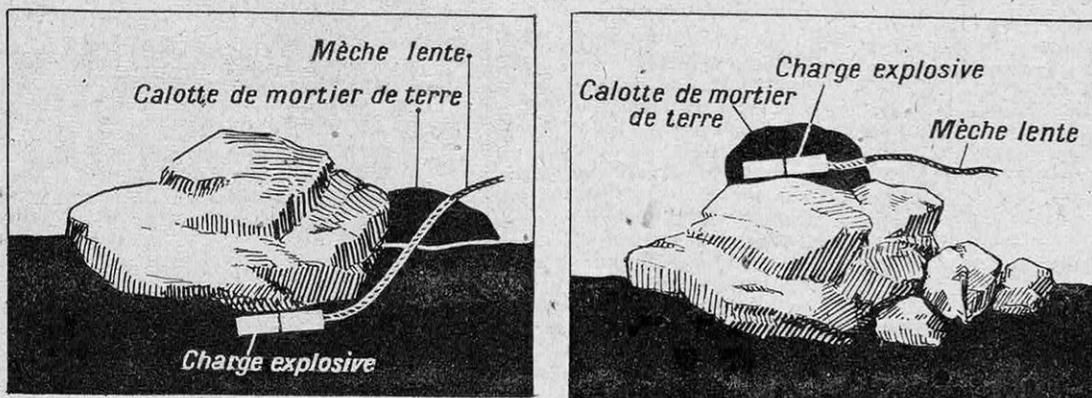


FIG. 4. — DEUX MODES DE MISE EN PLACE DES CHARGES EXPLOSIVES POUR LE DÉROCHEMENT D'UN CHAMP

A gauche, il a été possible de dégager suffisamment la roche pour placer la charge au-dessous d'elle. A droite, on a dû se contenter de briser la roche en plaçant l'explosif sur la partie supérieure et en le recouvrant d'un bourrage fait d'une calotte de terre humide.

relais de cordeau détonant. De très importants travaux de dessouchage sont faits depuis un an par cette méthode dans le parc de Versailles. Il ont permis d'extraire d'énormes souches d'ormes dans de bonnes conditions et avec une main-d'œuvre relativement réduite. Le dessouchage est une des applications de l'explosif qui demande le plus de soins, mais, avec un peu d'initiative, on vient très vite à bout d'extractions qui à première vue semblaient impossibles.

Le défrichage du sol à l'explosif

On trouve encore en France un grand nombre de terres qui ne sont pas cultivables parce qu'elles sont truffées de roches qui dépassent à peine la surface de la terre et rendent pratiquement impossibles les labours de surfaces importantes. Pour pouvoir cultiver ces terres avec un rendement acceptable, il faudra d'abord les débarrasser des roches qui les encombrant. L'explosif est l'outil idéal pour ce genre de travail.

Le *dérochement* s'effectue en plaçant des charges autour des roches à extraire si cela est possible, ou sinon en posant simplement ces charges sur le sommet des blocs et en les recouvrant d'une bonne calotte de mortier de terre humide destinée à servir de bourrage (fig. 4). Si la charge est convenablement calculée, l'explosion disloque complètement les roches et il est facile de les extraire à la main et de rendre ainsi à la culture des terres parfois très riches.

Le *défoncement* du sol s'effectue le plus souvent à l'aide de puissants tracteurs permettant de labourer jusqu'à 50 ou 60 cm de profondeur. Ce travail est très onéreux et l'emploi d'engins aussi puissants convient mal à des parcelles de petites dimensions. On peut l'effectuer beaucoup plus avantageusement à l'aide de petites charges, d'une cartouche par exemple, enfoncées à 70 ou 80 cm et placées à des distances variant de 3 à 5 mètres selon la nature du sol. Un léger labour ou même parfois un passage de la herse termine le travail de l'explosif.

Enfin l'explosif, manié par des opérateurs compétents, peut accélérer très notablement certains terrassements importants : drainage du terrain par percement des couches de terre imperméables, creusement des mares et des fossés, voire même détournement de rivières.

Cette revue rapide et incomplète des applications de l'explosif agricole montre les grands services que pourront rendre en agriculture quelques cartouches habilement tirées quand les préjugés qui retardent la diffusion de cette technique seront définitivement vaincus. D'ores et déjà de nombreux utilisateurs sont maintenant convaincus de la supériorité de l'explosif sur les autres instruments de travail, en particulier dans la plantation des arbres, et il est probable que d'ici quelques années son emploi se sera généralisé.

Jean COTTENET

On étudie aux États-Unis la construction de fusées auxiliaires pour l'aviation qui, munies de tuyères dirigées vers l'avant et vers l'arrière, serviraient aussi bien comme propulseurs auxiliaires de décollage (1) que pour le freinage à l'atterrissage. Aux essais, des fusées développant une poussée de 90 kg pendant 2,8 secondes ont été montées sur un avion d'entraînement Vultee BT-13 « Valiant ». Une seule fusée réduit à 30 m la course d'atterrissage à 100 km/h ; deux fusées la réduisent à 26 m à 100 km/h, et à 30 m à 130 km/h.

(1) Voir : « Les fusées de décollage » (Science et Vie, n° 357, juin 1947).



FIG. 1. — VUE AÉRIENNE DE METZ PENDANT LES INONDATIONS DE DÉCEMBRE 1947 (PHOTO NEW YORK TIMES)
 Le 29 décembre, la Moselle atteignait à Metz 8,90 m, cote supérieure de 1,70 m à celle de décembre 1919.

LES GRANDES CRUES

par I. LÉVIANT

Ancien élève de l'École Polytechnique

Chaque nouvelle catastrophe provoquée par une crue attire l'attention générale sur les phénomènes météorologiques et sur les forces de la nature que peuvent déchaîner des précipitations exceptionnelles. Une étude patiente et ininterrompue de ces phénomènes peut renseigner dans une certaine mesure sur l'éventualité d'une crue dangereuse pour les riverains, de même que l'histoire peut renseigner sur la fréquence de telles crues. Cet hiver encore, les crues de la Meurthe, de la Moselle, du Rhin ont provoqué des sinistres et des morts d'hommes dans de nombreuses villes de l'Est de la France, sévère rançon d'un hiver particulièrement doux pour l'ensemble du territoire métropolitain.

La puissance des cours d'eau peut être caractérisée par le cube de matériaux solides charriés annuellement :

660 millions de mètres cubes pour le Mississippi ;

95 millions de mètres cubes pour le Nil ;

40 millions de mètres cubes pour le Pô ;

21 millions de mètres cubes pour le Rhône.

En période de crue exceptionnelle, cette puissance est d'ailleurs notablement accrue ainsi

qu'en témoignent les vallées creusées par les cours d'eau durant les périodes géologiques.

A l'idée, souvent répandue, d'un travail d'érosion et de transport modéré et continu réparti sur des durées considérables, il est plus exact de substituer celle d'un travail « par bonds », chaque crue importante correspondant à un « bond ». Par ailleurs, les conditions climatiques de ces époques géologiques impliquaient l'existence de cours d'eau énormes dont ceux de



FIG. 2. — LE CONFLUENT DU TECH ET DU RIUFERRER A L'ENTRÉE D'ARLES-SUR-TECH APRÈS LA CRUE D'OCTOBRE 1940

Avant cette crue, le Riuferrer (au fond, à droite) avait un lit très étroit qui ne débordait pas le pont qui a subsisté après l'inondation (près du confluent). Tous les terrains actuellement ravinés par les eaux étaient couverts de riches vergers de pommiers. (Photo Aubert, Céret.)

notre ère ne sont que les frères successeurs.

Bien que les précipitations atmosphériques actuelles ne soient plus à l'échelle des temps préhistoriques, elles totalisent néanmoins des volumes impressionnants. Ainsi il tombe en France, sous forme de pluie, neige ou grêle, 400 milliards de mètres cubes d'eau par an, correspondant à 1 m de « hauteur d'eau » moyenne. Un peu plus de la moitié se perd par évaporation. Le reste se partage approximativement par moitiés en eau de ruissellement qui coule à la surface et en eau d'infiltration qui pénètre dans le sol. Les eaux de ruissellement et d'infiltration finissent d'ailleurs, toutes deux, par rejoindre les cours d'eau. On obtient ainsi en France les 180 milliards de mètres cubes rejetés annuellement à la mer.

Le régime des cours d'eau

Le régime des torrents, des rivières et des fleuves est évidemment lié à celui des précipitations atmosphériques.

Les cours d'eau alimentés par l'eau de pluie ont leurs crues en période humide : saison froide pour les régions à climat maritime, saison chaude pour celles à climat continental. En Europe, par exemple, toute une gamme de régimes existe, l'époque des crues variant de décembre ou janvier pour la Moselle, mars pour l'Elbe, avril pour la Vistule à juin pour le Danube.

Le décalage de temps entre les pluies et les crues résultantes varie avec la nature du terrain des régions drainées. Si les pentes sont fortes et les terrains imperméables, les crues sont immédiates, de courte durée et par suite violentes. Ceci arrive pour les torrents n'ayant d'eau qu'après les orages et « ces fleuves d'Espagne, qui, comme les étudiants de Salamanque, ont deux mois de cours et dix mois de vacances ». Si les pentes sont faibles et le sol perméable, l'eau n'arrive pas aussi brusquement aux cours d'eau et il y a une atténuation des crues.

Le stockage de l'eau sous forme de neige ou de glace aux hautes altitudes crée entre les précipitations et les crues un « déphasage » important, reculant ces dernières jusqu'à l'époque de fonte des neiges. Ces crues de fonte de neige intéressent simultanément des régions plus importantes que les crues consécutives aux pluies, étant donné que l'élévation de température est un phénomène moins local que les précipitations atmosphériques. Les crues des rivières des Alpes répondent à ce schéma.

Au fur et à mesure que l'on descend vers l'aval, l'alimentation par eau de pluie prend une importance croissante par rapport à celle de fonte des neiges et on constate, pour les parties basses des fleuves naissant à haute altitude, l'existence des deux types de crues. Ceci est le cas du Rhin, dont la partie amont subit des crues

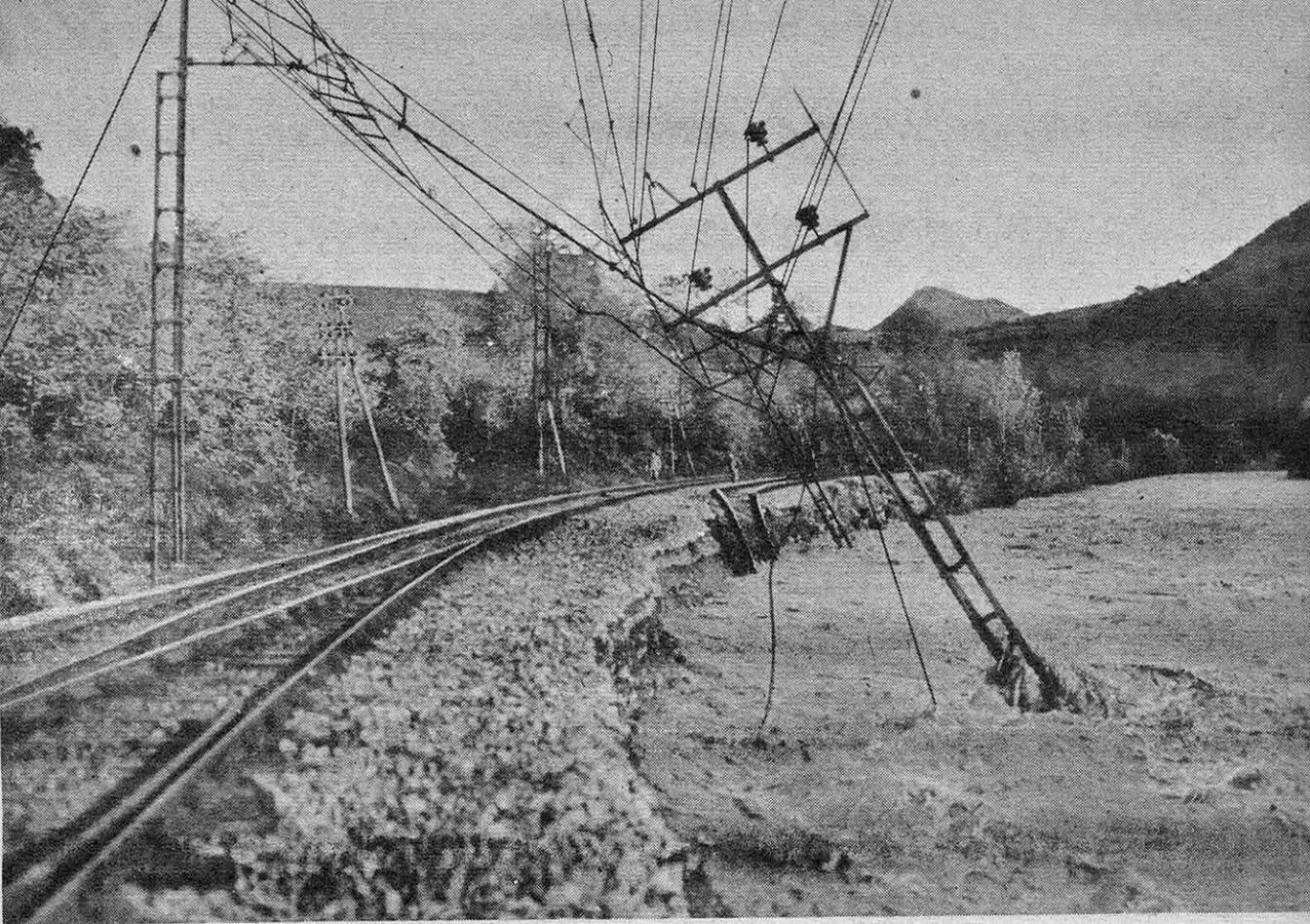


FIG. 3. — L'AFFAISSEMENT DE LA VOIE FERRÉE PRÈS DE SAINT-PÉ, ENTRE LOURDES ET PAU, LE 27 OCTOBRE 1937

de juin et la partie aval voit apparaître, en plus, des crues d'hiver, prépondérantes en aval de Bingen.

Pour les fleuves exceptionnellement longs, on peut constater également deux périodes de crue, mais pour une raison tout autre. C'est que le bassin versant est assez vaste pour comprendre deux régions à climats différents, dont les périodes de pluies ne coïncident pas. Tel est le cas de l'Amazone et du Congo, les deux fleuves les plus abondants du monde, qui, coulant près de l'équateur, collectent des affluents venant de régions de l'hémisphère nord à hautes eaux d'été et d'autres venant de régions de l'hémisphère sud à hautes eaux d'hiver (été austral).

L'existence de deux types de crues pour un cours d'eau assure une plus grande constance au débit, donnant un régime « compensé ». Mais d'autres causes interviennent pour assurer une régularisation du débit : les marais, les lacs, les régions boisées jouent le rôle de « volants » du débit.

Par contre, les régimes particulièrement irréguliers correspondent aux types de précipitations brutales : dans la vallée du Tech (Pyrénées orientales), on put mesurer, en 1940, 2 cm de hauteur de pluie tombés en 10 mn ; on avait déjà enregistré 1,5 cm dans la même région en 1868.

Les lois des crues

L'irrégularité du débit se mesure par le rapport du débit de crue au débit d'étiage. Ce rapport, faible pour des fleuves réguliers (12 pour

le Rhin en Hollande, 45 pour la Seine à Paris), est de l'ordre de 100 pour les cours d'eau de montagne et atteint même 800 dans les cas exceptionnels.

Au confluent de deux cours d'eau, leurs débits s'ajoutent. Il se trouve quelquefois que deux ondes de crue arrivent en même temps par l'un et l'autre cours d'eau, causant à l'aval des crues considérables. La Loire et l'Allier, la Seine, la Marne et l'Yonne donnent parfois lieu à cette coïncidence désastreuse.

Certains ont cru reconnaître une périodicité de l'ordre de trente-cinq à quarante ans dans les retours de crues exceptionnelles, provenant de la succession de périodes sèches, et de périodes humides (pseudo-loi de Brueckner) ; les taches du soleil seraient à l'origine des alternances. Les renseignements que nous avons sur les crues passées (celles du Nil sont connues depuis l'an 640) ne donnent pas de vérification suffisante d'une telle périodicité.

Si les crues n'obéissent pas à des lois périodiques simples, du moins a-t-il été possible de faire théoriquement l'étude de leur fréquence. Dès 1913, Fueller donnait le moyen de connaître la fréquence probable des différents débits de crues. Plus récemment, il a été possible de faire des études plus poussées en appliquant les lois du hasard.

Si ces lois ne permettent pas de faire des prévisions sûres, du moins donnent-elles une idée sur la probabilité de retour de telle ou telle crue et peuvent-elles servir à définir les risques que courent les riverains. Il est possible aussi, par des

observations portant sur de courtes périodes, de connaître la plus grande crue qui se produira probablement en cent ans (crue « centenaire ») ou en mille ans (crue « millénaire »), afin de pouvoir apprécier tous les cas de façon objective. Ainsi la crue du Tech de 1940 étant probablement une crue millénaire, il serait injuste de traiter d'imprudents les habitants qui se sont installés sur ses rives. Par contre, les riverains des fleuves chinois oublient trop le danger des crues centenaires, qui est un risque excessif, cause de bien des catastrophes.

La notion du risque ainsi introduite permet même de déterminer si des travaux de protection contre les crues, dont la dépense est en quelque sorte une prime d'assurance, sont « payants ». Il faut pour cela que la dépense soit inférieure aux pertes probables évitées, tous calculs d'intérêts faits. Bien entendu, les évaluations purement économiques ne peuvent jouer au cas où des pertes de vie humaines ou de graves préjudices d'ordre moral ou social viendraient s'ajouter aux dégâts matériels, et, dans ce cas, il appartient d'assurer la sécurité coûte que coûte.

Quelques grandes crues de l'histoire

Il conviendrait ici de remonter au Déluge. La thèse existe en effet que le récit biblique est inspiré par des inondations dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate ; d'après Usserius, la date en serait 2348 avant Jésus-Christ. Mais notre connaissance des crues n'est pas si étendue ; elle est en réalité limitée à une période relativement récente et aux seules régions de civilisation ancienne.

Tandis que les crues de l'Indus favorisent la culture du blé dans la région la plus pluvieuse du monde, celles du Gange, qui permettent la culture du riz au pied de l'Himalaya, mont sacré aux eaux fécondantes, sont à l'occasion un véritable fléau.

Les formidables crues du fleuve Jaune, consécutives à la mousson d'été dans la Chine du Nord, ont fait périr des millions d'hommes. Le seul nom du fleuve indique sa puissance de charriage ; ses endiguements n'ont pu résister à la violence des eaux et, dans la période historique, il a cinq fois changé de lit, se déplaçant latéralement de 600 km. La crue de 1853, en particulier, fut un véritable cataclysme. Aussi se crée-t-il le long de ses rives un véritable *no man's land*.

Le fleuve Bleu, long de 6 000 km, qui draine la Chine du Sud, a trois fois par an des crues très paisibles : eaux rouges à la fonte des neiges, jaunes aux pluies d'été et une troisième crue claire. Aussi des villes sont-elles installées sur ses rives (Hankéou) et ses crues violentes, heureusement rares, sont-elles fort désastreuses, comme ce fut le cas de la crue de 1931.

L'une des grandes catastrophes du début du siècle a été, en mars 1913, la crue du Miami-River, sous-affluent du Mississipi ; c'est la crue la plus importante connue en Amérique.

Une crue mémorable de la Tisza en 1879, détruisit la ville de Szegedin (Hongrie, 75 000 habitants), cette crue étant survenue au moment où les travaux de régularisation de la rivière, malencontreusement commencés par l'amont, n'étaient pas encore achevés : la régularisation d'amont, avec raccourcissement de parcours par des coupures de courbes, permettait en effet l'arrivée brutale d'une onde de crue, non amortie, que la partie aval n'était pas susceptible d'évacuer.

Le Pô, en 1872, submergeait entièrement son bassin inférieur.

En France, depuis mille ans, la Seine a subi plus de trente grandes crues dont celles de 1658, 1876 et 1910 particulièrement graves : la crue de 1658 emportait le pont Marie, à Paris, inondant en partie la ville ; la crue de 1910 pénétrait par refoulement dans les égouts, submergeant également le centre de la capitale.

La Loire en a subi en mille ans une quarantaine, celles de 1608 et 1651, et surtout celles de 1750 et 1856 avec rupture des digues, ayant été catastrophiques.

Le Rhône a connu plus de vingt-cinq crues, dont celle de 1840 très grave, due à la montée simultanée du Rhône et de la Saône. Le pont d'Avignon, construit à la fin du XIII^e siècle, a été détruit par une débâcle en 1670, quatre arches sur vingt-deux restant debout.

La Garonne en 1875, et le Tarn en 1930 ont battu leurs propres records par des crues sans précédent, les plus meurtrières de toutes celles que la France ait connues depuis des siècles : la crue de la Garonne en 1875 emportait sept ponts importants dans la région toulousaine, détruisait plusieurs faubourgs, causant cinq cents morts ; celle du Tarn, en 1930, emportait neuf ponts, coupait en particulier la ligne Bordeaux-Sète, détruisait une partie des villes de Moissac et de Mautauban, causant deux cents victimes. Les débits de l'une et de l'autre de ces dernières crues, voisins de 8 000 m³/s, dépassent le débit total moyen rejeté à la mer par tous les fleuves de France.

La crue du Tech en 1940 causait de graves dégâts et des victimes dans la haute et la basse vallée, bouleversant entièrement les conditions de vie dans la région.

Enfin, les crues qui ont provoqué cet hiver des ravages dans l'Est sont également d'une ampleur exceptionnelle. Elles ont été provoquées par une précipitation abondante de pluie sur tout le bassin versant de la Meurthe et de la Moselle, et sur les hauteurs des Vosges où elle a entraîné la fusion brutale de la neige, déjà favorisée par le radoucissement de la température ; au cours de cette crue, la cote de 8, 90 m a été atteinte par la Moselle à Metz, contre 7,20 m en 1919.

D'une manière générale, les fleuves européens donnent lieu à des crues relativement très graves. Il y a à cela deux raisons principales : d'abord que, parmi les régions à fort peuplement, l'Europe est l'une des plus montagneuses ; ensuite que les villes importantes européennes sont groupées en chapelets le long des cours d'eau, subissant ainsi les inconvénients de ce voisinage.

On remarquera que les crues violentes ont en général été le fait des fleuves prenant leurs sources à haute altitude, cette circonstance faisant concourir les fortes pluviosités, les fortes pentes et les terrains imperméables, tous facteurs tendant à rendre les crues plus fortes et plus brutales.

La hauteur des crues

La hauteur de montée des rivières de France, en dehors des montagnes, dépasse rarement 8 m ; la Garonne a cependant dépassé 10 m. La montée du Pô entre ses digues, est également de 10 m, légèrement plus forte que celle du Nil.

L'opinion a quelquefois été défendue que les crues iraient en s'amplifiant au cours des temps. Cette impression résulte de l'ignorance des crues du passé : lors d'une crue exceptionnelle, on se



Fig. 4. — Vue aérienne de la banlieue de Metz inondée en décembre 1947 (Photo Keystone)



Fig. 5. — Vue aérienne de Pont-à-Mousson pendant les inondations de décembre 1947 (Photo Keystone)

réfère à celles que l'on a vues soi-même et que l'on voit ainsi dépassées. Dans la réalité il n'y a aucune croissance systématique. Ainsi la crue de la Seine en 1910, la plus grande depuis plus de deux siècles, n'a pas dépassé celle de 1658 ; la catastrophique crue de la Loire en 1856 n'a pas dépassé celle de 1750.

La croissance de la cote des crues est réelle pourtant dans le cas de fleuves protégés par des digues insubmersibles, comme le Rhin, le Pô, le Mississipi. La raison en est que les ruptures de digues sont de plus en plus rares, celles-ci ayant été constamment renforcées grâce à une technique toujours perfectionnée : le volume d'eau qui, initialement, se répandait par des brèches, n'échappe plus au flot de crue, causant l'augmentation de la cote atteinte par les eaux ; de plus, de nouvelles digues sont établies au fur et à mesure, afin de soustraire plus de terrains à la submersion tant par le fleuve que par ses affluents, et l'incidence de ces travaux est de même sens que celle des renforcements des digues existantes.

Pour le Pô, par exemple, le niveau atteint par les eaux de crue a augmenté de 2 m entre 1700 et 1840, les eaux coulant plus haut que les maisons ; cette croissance de la hauteur des crues du Pô s'est d'ailleurs arrêtée vers 1840, les digues ayant atteint une suffisante perfection, et les ruptures ne se produisant plus. Le Mississipi, au cours de la crue de 1822, provoquait sept cent ruptures, inondant tous les terrains ; en 1922, il n'y avait plus qu'une seule rupture avec 1 % seulement de terrains inondés, mais l'augmentation de hauteur des crues a atteint 2,50 m en cinquante ans.

Les crues des plus grands fleuves du monde

L'examen d'ensemble des grands désastres dus à des crues montre de façon frappante que les fleuves les plus importants ne sont pas les plus dangereux. Et ce fait s'explique parce que ces grands fleuves jouent en somme le rôle de « mélangeurs » des apports de tous leurs affluents : interconnectant hydrauliquement des régions de climats différents, ils réalisent d'importantes compensations des variations de débit.

L'Amazone, le fleuve le plus abondant du monde, écoulant jusqu'à 200 000 m³/s, et le Congo, second par l'abondance, ont tous deux des débits très équilibrés.

Le Mississipi, le plus long des fleuves avec ses 7 000 km, n'a pas d'importantes crues propres. Il subit simplement à l'aval le passage des crues très violentes de son affluent l'Ohio.

Le Nil, second par la longueur, a des variations de débit très régulières. Ses crues, fertilisantes par leur limon volcanique rouge, viennent de l'Abyssinie, véritable nourricière de l'Égypte. Sur le dernier tiers de sa longueur, le Nil coule dans une région désertique où les apports sont nuls et l'évaporation intense : son débit y est décroissant, ce qui contribue également à l'atténuation des crues. La prévision de celles-ci est très facile, car elles font un voyage de plus de deux mois depuis les plateaux, où elles naissent, jusqu'au Caire, à l'embouchure du fleuve.

Les grands fleuves d'Asie, le fleuve Jaune et le fleuve Bleu, sont cependant sujets à des crues très violentes. Cette exception tient à l'uniformité du climat de l'Asie dominé par la mousson, et où d'immenses régions sont soumises aux mêmes variations de pluie et de sécheresse.

Les fleuves de Russie et de Sibérie subissent des crues de printemps consécutives à la fonte des neiges. Comme ils présentent cette curieuse particularité que leur rive droite est en général bien plus élevée que l'autre, les villes installées sur cette rive privilégiée se trouvent hors d'atteinte des eaux. Ceux des fleuves russes qui coulent vers le nord donnent lieu à des inondations causées par des embâcles ; en effet, ces fleuves sont gelés en hiver, et, comme la période de fonte commence dans les parties amont, les plus méridionales, avant que l'aval ne soit dégelé, les glaçons sont arrêtés dans leur descente, créent des embâcles, véritables barrages qui font inonder la plaine.

La protection contre les crues

Les inondations sont, suivant le cas, un fléau ou un bienfait. Lorsque l'eau en furie inonde les villes, détruit les maisons, ravage les terres en culture, on assiste à de véritables catastrophes. Mais, lorsque les débordements recouvrent les prairies d'une eau riche en limon, les crues sont une source de richesses, ainsi que le montre l'exemple des rivières comme la Saône, la Meuse, la Charente et bien d'autres, et des fleuves comme l'Indus ou le Nil (à tel point, pour ce dernier fleuve, que l'Égypte a pu être nommée « présent du Nil »).

Dans le cas où les inondations sont néfastes, il appartient à l'ingénieur de faire disparaître ou d'atténuer leur danger. Plusieurs méthodes sont à sa disposition, qui se rattachent à trois idées directrices. Il peut :

- soit favoriser l'écoulement des eaux vers l'aval, pour qu'elles disparaissent au fur et à mesure qu'elles arrivent ;
- soit retenir les eaux en amont pour diminuer l'onde de crue ;
- soit livrer à la submersion une partie de la vallée pour affranchir le reste.

La protection par l'écoulement des eaux à l'aval

En favorisant l'écoulement des eaux vers l'aval, on répond au désir des riverains de la région intéressée, mais le résultat est fâcheux pour les riverains d'aval, et ce d'autant plus que, la pente étant pour ceux-ci plus faible, il leur est plus difficile de se garantir de la même façon.

On voit par là comment les questions de protection contre les inondations soulèvent de graves oppositions d'intérêt entre les riverains d'un même cours d'eau. Il n'est pas possible de dire *a priori* que l'intérêt général soit d'écouler l'eau au plus vite vers l'aval ; il importe d'examiner dans chaque cas si cette évacuation profite plus à l'amont qu'elle ne nuit à l'aval. Si, par chance, les crues cessent d'être nuisibles à l'aval (c'est le cas de la Seine après son passage à Paris), tout doit être fait pour faciliter l'écoulement.

Assez généralement, un premier moyen d'activer l'écoulement, dans le cas de villes importantes situées dans les basses vallées, consistera dans la suppression d'obstacles naturels comme les îles, ou artificiels comme d'anciens barrages ou de vieilles piles de ponts.

C'est ainsi que l'île de la Cité est un obstacle important dans Paris, mais qu'il ne peut être question de supprimer. Par contre des travaux ont été entrepris en 1940 à Moissac pour faire disparaître une île qui obstruait le lit du Tarn. Ce

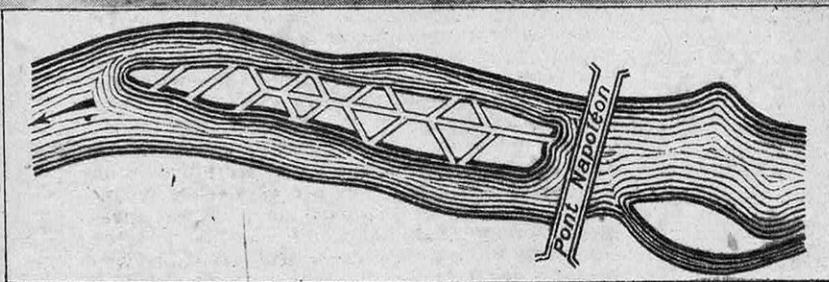
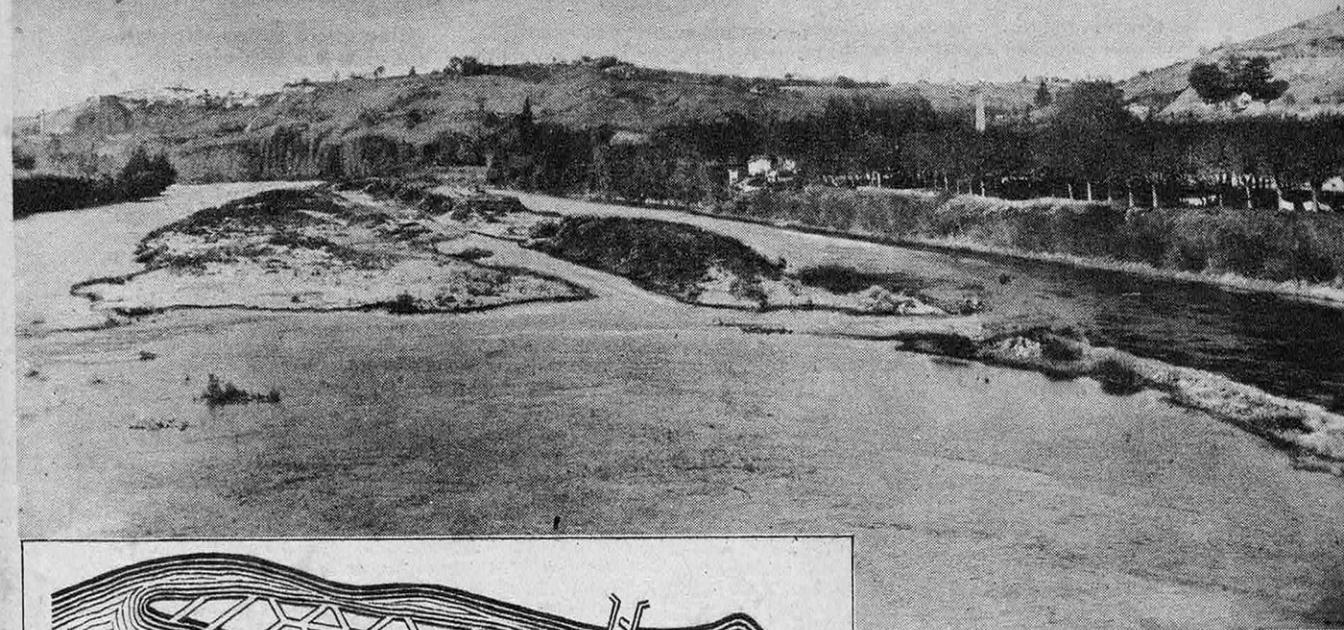


FIG. 6, 7 ET 8. — LE DÉRASEMENT D'UNE ÎLE, OBSTACLE
A L'ÉCOULEMENT DES EAUX DU TARN, A MOISSAC

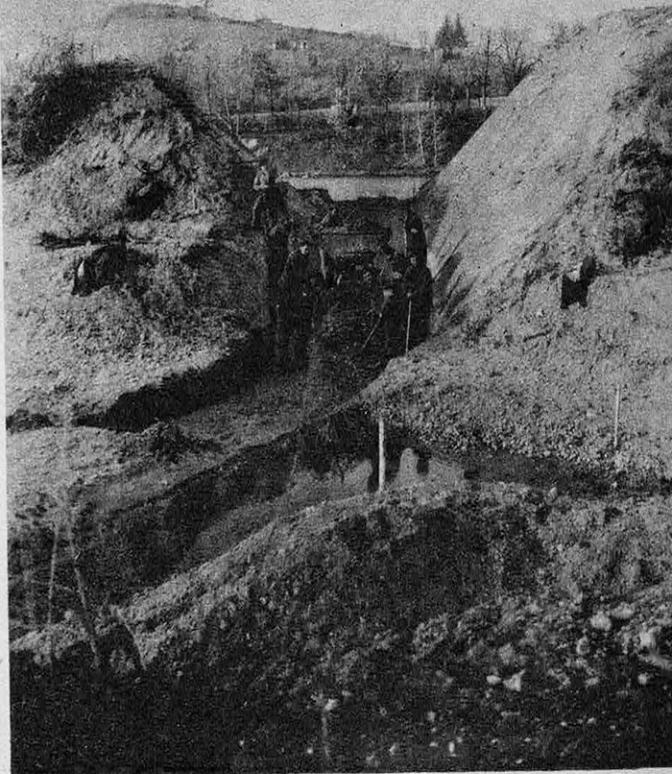
La carte indique le tracé des canaux creusés de main d'homme comme le montre la figure ci-contre. La photographie ci-dessus, prise du pont situé en amont de l'île, le 30 octobre 1940, met en évidence l'érosion par le fleuve, qui termine le travail en emportant du terrain à chacune de ses crues (la première crue qui a suivi la prise de cette photographie a enlevé 30 000 m³ de terrain). (Art-Photo, Moissac.)

travail, simplement amorcé de main d'homme par le creusement de canaux convenablement orientés, a été achevé par l'érosion des eaux de crue circulant à travers les canaux.

En ce qui concerne l'influence des piles de pont sur le relèvement du niveau de crue en amont, l'importance qu'on leur attribue est souvent exagérée. Trompé par la profondeur du creux qui se forme sous les ponts (remous apparent) et qui atteint 2,80 m au pont de Foix, on oublie que le relèvement est en réalité bien plus faible (0,20 m à Foix) que la profondeur du creux. C'est pourquoi, après la crue de 1875, on avait envisagé de démolir le Pont-Neuf à Toulouse, ce qui aurait été regrettable. On est allé jusqu'à proposer, dans l'affolement de la crue de 1910 à Paris, de faire sauter le pont de l'Alma, ce qui était absurde : l'obstruction par les débris du pont aurait été plus importante que celle de ses piles.

Il est possible également d'améliorer l'écoulement vers l'aval en rectifiant les formes du lit ou en diminuant les frottements sur les rives : c'est le cas de la Seine à Rouen, qui coule dans une chemise bétonnée.

Un autre moyen extrêmement efficace consiste



à faire des coupures de boucles, ce qui augmente la pente par une diminution de parcours. Une coupure de ce genre avait été projetée pour la protection de Paris, qui devait emmener les eaux de la Marne à l'aval de la région parisienne, sans passer par la capitale.

D'autres moyens théoriques présentent bien des inconvénients : il a été proposé de construire des barrages en travers des cours d'eau et d'obtenir un écoulement accéléré au moyen de pompes puissantes installées sur ces barrages. En dehors de divers risques d'arrêt de machines, d'affouillement par l'eau à grande vitesse, ces projets ont le grave défaut de méconnaître les ordres de grandeur des dépenses admissibles.

La protection par retenue des eaux en amont

L'idée de retenir les eaux est une idée ancienne, puisque, près de Babylone, on avait créé, il y a quatre mille ans, un lac immense où était dirigée une partie des eaux de crue de l'Euphrate.

Lorsque la nature a elle-même créé des réservoirs de grand volume, comme le lac Léman ou les grands lacs italiens, l'effet sur les crues est très sensible. Mais les possibilités de créer des réservoirs artificiels n'existent en général que dans les hautes vallées et, ainsi placés, les réservoirs n'agissent que faiblement dans les basses plaines. Étudié pour la Loire et le Rhône, ce système a été abandonné devant l'énormité de la dépense. L'impression que de tels réservoirs peuvent « se payer eux-mêmes » en servant à des aménagements hydroélectriques est fautive, l'exploitation électrique étant incompatible avec le maintien à vide nécessaire pour un réservoir de crue.

Un exemple existe pourtant en France : le réservoir de Pinay, qui réduit de 1 m les crues de la Loire à Roanne ; cette action efficace s'explique par la proximité du réservoir par rapport à la ville protégée.

Le reboisement a été prôné comme moyen de protection idéal. S'il est recommandable, par ailleurs, il ne constitue pas une panacée contre les crues : la retenue d'eau par les feuilles et par les racines, l'évaporation supplémentaire peuvent être sensibles dans les cas normaux, mais sont négligeables pour les énormes précipitations qui donnent les crues exceptionnelles, celles contre lesquelles on veut justement se protéger. D'ailleurs, les plus fortes crues connues de la Seine et de la Loire datent de 1658 et 1750, époques où l'on n'avait pas du tout déboisé.

La protection par délimitation des terrains livrés à la crue

Les digues insubmersibles encadrant le fleuve correspondent à la troisième idée directrice en matière de protection. Toute la partie de la vallée comprise entre les digues est abandonnée à la submersion, au profit du reste.

Cette méthode est excellente lorsque son application est possible et convenablement réalisée. Une seule fois dans l'histoire, en Mésopotamie, elle fut abandonnée, et ce pays, dont la richesse naturelle égalait celle de l'Égypte, a péri et est devenu désertique.

Utilisée initialement avec des digues insuffisamment hautes et peu solides, elle a, dans la plupart des cas, atteint un grand degré de

perfection, par l'exhaussement, le renforcement et un entretien convenable des ouvrages.

On a reproché aux digues insubmersibles de provoquer un relèvement des crues. Cela est exact quand on parle de la hauteur des eaux, puisqu'il y a réduction de la section d'écoulement. Nous avons cité des exemples de ce relèvement.

On objecte souvent aussi que le fond du lit doit subir également un exhaussement, par concentration des dépôts qui normalement se faisaient dans toute la vallée. Des mesures systématiques faites sur le Mississippi et le Pô ont montré qu'il n'en était rien. Le Mississippi aurait même abaissé son lit, les vitesses étant plus grandes et par suite aussi la puissance d'érosion et de transport de matériaux solides.

Malheureusement cette méthode, qui présente bien des avantages, n'est applicable que dans les basses vallées dont la largeur permet l'abandon d'une bande suffisante de terrain.

Des systèmes très anciens de protection existent ainsi sur beaucoup de fleuves d'Europe. Les plus remarquables sont ceux du Pô, de la Tisza, de la Loire.

La partie submersible de la vallée du Pô a une largeur de 15 à 60 km, région très fertile et qui pour cette raison a été protégée depuis vingt siècles. Cette protection est obtenue par de puissantes digues insubmersibles en terre, placées sur les deux rives du fleuve et resserrant les eaux de crue dans une cuvette artificielle de 400 m. Les affluents sont protégés de la même façon sur toute la longueur où leurs débordements seraient dommageables. Le réseau total comporte 500 km de digues, protégeant 300 000 hectares de terrain. La hauteur des digues atteint 5 m, mais, malgré cette hauteur, les cas de ruptures sont très rares depuis cent ans.

La Tisza, affluent hongrois du Danube, a de nombreux méandres et une pente extrêmement faible dans son cours inférieur : les vitesses d'écoulement sont donc très petites et les eaux de fonte de neige venant au printemps des Carpathes se répandraient dans la plaine. Ce fleuve est tellement sinueux que, pour une longueur de vallée de 560 km, il a un développement de 1 180 km. Le travail de protection a consisté à supprimer toutes les sinuosités au moyen de coupures (raccourcissement de 500 km) et à protéger tout l'ensemble par des digues en terre, dont l'écartement varie entre 500 et 1 000 m. La surface protégée est de 2 millions d'hectares, ce qui représente le résultat le plus important atteint en Europe par un système de travaux analogues.

Les endiguements de la Loire ont une origine fort ancienne puisqu'ils ont été conçus par les princes carolingiens. La protection était plus difficile que pour le Pô ou la Tisza, du fait de l'étroitesse de la vallée (2 km) : si on avait voulu laisser entre les digues un espacement important il ne serait pas resté grand-chose à protéger ; mais entre digues rapprochées, le niveau des crues est très élevé et risque de produire des ruptures désastreuses (1846-1856-1866). Pour éviter ces ruptures, il a fallu se résoudre à aménager en des points déterminés des réservoirs fonctionnant quand les crues sont très hautes, et, par la submersion de certaines parties de la vallée, éviter la destruction d'ouvrages coûteux et la désorganisation des cultures voisines. En fin de compte, pour un développement de digues égal à celui du Pô, la surface protégée est trois fois moindre.



FIG. 9. — LE DÉVERSOIR GÉANT CONTRE LES CRUES DU MISSOURI

Le Missouri, affluent du Mississippi, long de 4 850 km, a été cause de fréquentes inondations recouvrant d'immenses territoires. Un gigantesque déversoir vient d'être construit pour compléter le barrage hydroélectrique de Fort-Peck ; avec seize portes verticales, il peut assurer un débit de 50 000 m³ d'eau à la minute.

Peut-on prévoir les crues ?

Dans le cas où il n'y a pas de moyen de protection possible, il ne reste que la fuite. Cette fuite elle-même n'est possible que si les riverains sont prévenus à temps ; d'où l'importance des services de prévision et d'annonce de crues.

La détermination à l'avance de la hauteur des eaux en un point est faite à partir des données « actuelles » — c'est-à-dire du moment où l'on opère — en des points situés plus en amont.

Des méthodes modernes, donnant dans bien des cas des prévisions exactes, utilisent des méthodes graphiques très expéditives. Elles nécessitent tout un réseau d'observateurs qui gardent l'œil fixé constamment sur le niveau des eaux, afin de fournir immédiatement tous les éléments nécessaires à ceux qui ont la charge de la prévision.

Dans les basses vallées, il est possible de prévoir assez longtemps à l'avance les ondes de crues ayant de grands parcours à faire et étant signalées dès le début.

Dans les hautes vallées, les ondes viennent très vite, rendant la prévision difficile. Elle pourrait se faire en partant de renseignements sur les précipi-

itations, mais ce problème est d'une extrême complexité.

La crue, une fois prévue, doit être annoncée au public rapidement et par tous les procédés de la technique actuelle : la radio rend dès maintenant des services très appréciables.

Il reste à craindre chez le public une certaine inertie, une non-croyance au danger maintes fois constatées. Dans des cas de ruptures de barrages en montagne, aux États-Unis et en Italie, le nombre des victimes a été considérable, les habitants d'aval vivant dans un excès de confiance et n'ayant pas cru, même prévenus, à l'imminence du danger.

Les désastres causés par les grandes crues dans le passé et même à des époques toutes récentes montrent combien la protection contre les inondations est peu avancée. Il faut bien dire qu'elle est souvent quasi impossible, du moins contre les crues très exceptionnelles, et, lorsqu'elle est possible, elle consiste en travaux de grande envergure que l'on ne peut entreprendre que pendant des périodes où l'on dispose d'une abondante main-d'œuvre nécessaire aux chantiers de terrassement.

I. LÉVIANT

LES MIGRATIONS D'INSECTES

par Rémy CHAUVIN

Maître de recherches au Centre National de la Recherche Scientifique

Un des phénomènes les plus curieux de la biologie animale est sans doute celui des migrations. Si, chez certaines espèces animales, les migrations revêtent un caractère périodique ou saisonnier, comme chez les poissons, ou comme chez les oiseaux, d'autres espèces, au contraire, semblent poussées, à des époques difficilement prévisibles, par une force mystérieuse qui les fait migrer sur des étendues considérables, les conduisant le plus souvent à leur perte collective. Tel est le cas pour les criquets par exemple, dont les invasions, qui ont compté parmi les fléaux des temps bibliques, se renouvellent de temps à autres en Afrique du Nord et jusque dans le Midi de la France, comme encore l'été dernier. Les biologistes s'efforcent d'élucider le mystère de cette force qui oriente les migrations, dont il est indispensable de connaître le mécanisme, si l'on veut tenter d'agir efficacement pour se protéger contre ce fléau.

Le problème des migrations d'animaux ne pourrait être traité ici dans son ensemble. Le seul sujet des migrations d'insectes est déjà assez complexe pour nous occuper exclusivement.

Beaucoup d'insectes peuvent présenter à l'état larvaire ou adulte le phénomène de la migration : rassemblement en masse énorme et déplacement pendant des jours ou des semaines dans une direction déterminée. Mais laissons de côté les migrations de chenilles ou de larves, telles que celles des vers militaires (ainsi appelés à cause de leur habitude de marcher en rubans serrés, longs de plusieurs mètres), ou celles du doryphore, pour ne nous attacher qu'aux grands migrants, criquets (2), papillons, libellules.

Comment débute une migration ?

Une migration débute toujours par un rassemblement gigantesque de l'espèce qui va migrer. Les libellules s'amassent ainsi près des étangs où leurs larves se sont développées ; on n'a d'ailleurs qu'une seule observation de départ d'une bande de libellules, et guère plus de départ de papillons. On est mieux renseigné sur le départ des bandes de criquets.

Tous les Acridiens (mot synonyme de criquets) qui présentent le phénomène dit des « nuées de sauterelles » viennent d'une zone déterminée, l'aire grégarigène, où ils vivent et se reproduisent toute l'année sous une forme différente de celle qu'ils affectent dans la nuée : la forme (ou phase) soli-

taire (1). Les larves solitaires sont vertes et peu actives, confinées dans les buissons, où elles s'alimentent assez peu ; l'adulte est grisâtre et présente à peu près la même biologie (fig. 2 et 3).

Sous l'influence de modifications mal définies des conditions météorologiques — qui semblent dépendre directement ou indirectement d'une augmentation d'activité des taches du soleil — la prolificité des solitaires augmente. Comme ils conservent l'habitude de se réfugier dans les buissons, ils ne tardent pas à s'assembler en très grand nombre dans les rares arbustes du désert. Le rapprochement d'une multitude d'individus en un espace restreint provoque alors une série de perturbations physiologiques qui aboutissent à la formation de la phase grégaire. Les larves grégaires sont noirâtres ou brunâtres, très actives, douées d'un appétit vorace ; elles migrent en bandes gigantesques où sont mélangés tous les stades et dont le comportement sera décrit plus loin ; les adultes, à ailes plus longues que les solitaires (fig. 2, 3, et 4), donnent la « nuée de sauterelles » proprement dite, qui se déplace avec une grande rapidité et peut couvrir d'énormes distances.

Pour chaque espèce d'Acridiens migrants, les aires grégarigènes sont maintenant nettement déterminées (fig. 8) : le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*), qui dévaste notre Afrique du Nord, vient des alentours de la Mauritanie et de la bordure sud du Sahara, mais d'autres essaims, qui s'abattent sur l'Égypte, ont leur aire grégarigène près des bords de la mer Rouge et peut-être en Arabie ; le criquet migrateur (*Locusta migratoria*), dont la zone de dévastation s'étend beaucoup plus au sud que celle du Criquet pèlerin, vient de la grande boucle

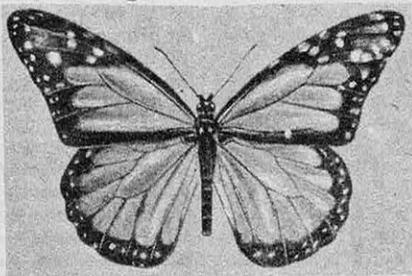


FIG. 1. — LE « DANAÏS PLEXIPPUS », PAPILLON GRAND MIGRATEUR (D'APRÈS CHOPARD)

(1) Voir, au sujet des migrations des poissons, *Science et Vie*, n° 286 (juin 1941), p. 487, et, sur les migrations des anguilles, *Science et Vie*, n° 314 (octobre 1943), p. 169.

(2) Voir : « Les criquets, plaie de l'Égypte et fléau de l'Afrique du Nord » (*Science et Vie*, n° 311, juillet 1943).

(1) Voir : « Animaux grégaires et animaux sociaux » (*Science et Vie*, n° 340, janvier 1946).

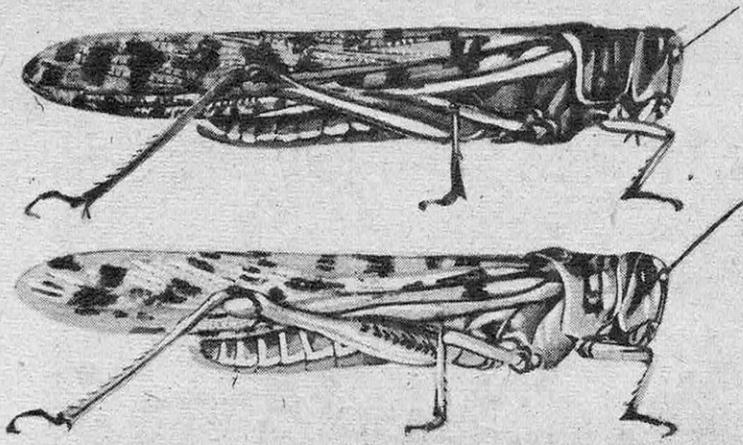


FIG. 2. — LE CRIQUET PÈLERIN (FORME ADULTE)

L'insecte du haut a été obtenu en élevage normal et correspond à la phase grégaire. Celui du bas a été obtenu en élevage isolé et correspond à la phase solitaire. (D'après Vayssière et Lepesme.)

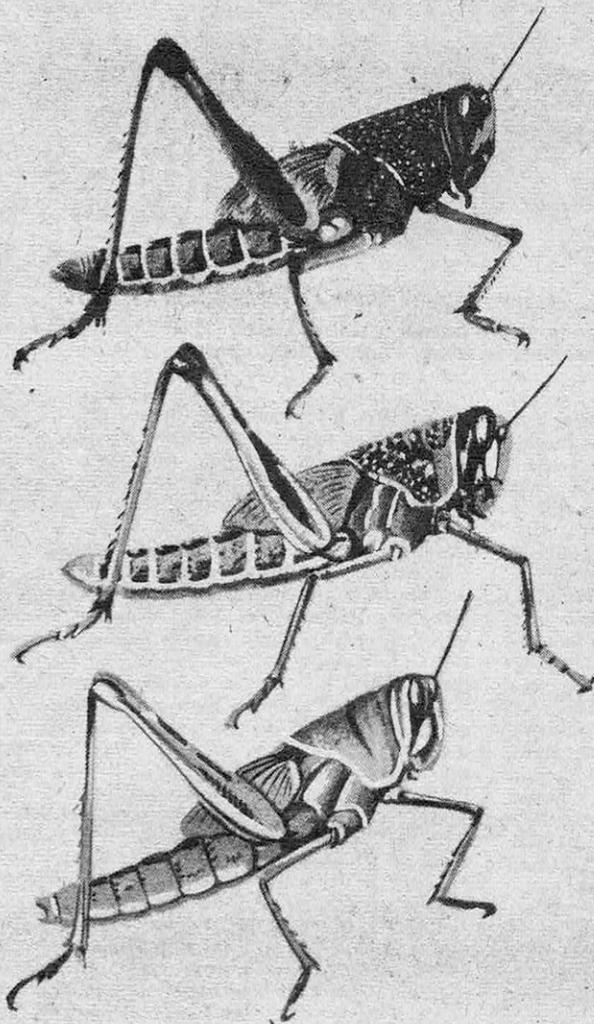


FIG. 3. — LARVES DE CRIQUETS PÈLERINS AU STADE PRÉCÉDANT LA DERNIÈRE MUE DONNANT L'INSECTE PARFAIT

La forme du haut a été obtenue en élevage normal : phase grégaire ; la forme intermédiaire correspond à un élevage moins dense ; celle du bas, à un élevage isolé : phase solitaire. (D'après Vayssière et Lepesme.)

du Niger ; le *cricquet marocain* (*Sauronotus maroccanus*), nuisible en Afrique du Nord, semble avoir une multitude de petites aires grégarigènes, parfois de quelques mètres carrés seulement, où les conditions de végétation et de « microclimat » favorisent le maintien de l'espèce à l'état permanent.

Le déroulement d'une invasion de criquets

Les nuées de sauterelles, qui comprennent des milliards d'individus et s'étendent sur des dizaines de kilomètres carrés à la fois, constituent un phénomène vraiment difficile à imaginer pour quiconque n'en a pas été témoin. A Rabat, il y a quelques années, une énorme nuée passa pendant trois jours au-dessus de la ville ; les excréments qui tombaient sans arrêt obligeaient les habitants à sortir avec un parapluie, ustensile dont l'usage n'est pas fréquent dans la riante capitale du Maroc ; l'électricité devait rester allumée une bonne partie de la journée, à cause de l'interception des rayons du soleil par les myriades d'Acridiens, dont une bonne partie alla se noyer dans la mer ; leurs cadavres, rejetés par les flots, formèrent une énorme masse de fumier pourrissant dont la présence fit craindre l'apparition d'épidémies et rendit les abords des quelques plages du littoral inaccessibles aux baigneurs ; on comprendra sans doute, à la lueur de ces quelques faits, que les récits de locomotives ou d'automobiles arrêtées par les cadavres des sauterelles qui s'amassent sous leurs roues ne sont pas exagérés (fig. 5 et 6).

Les causes de la migration

Pourquoi les criquets se déplacent-ils hors de l'aire grégarigène ? La première explication, la plus naturelle, celle qui a été proposée par les premiers auteurs, consistait à invoquer l'absence de nourriture : c'était la faim qui poussait les insectes à rechercher d'autres pâturages. D'autres préfèrent invoquer l'abondance des parasites, qui énervent les criquets et les forcent à abandonner leur zone de naissance. Ces explications ne sont pas satisfaisantes : des observations plus approfondies n'ont pas tardé à montrer, que les acridiens quittaient souvent au contraire, des champs où la nourriture abondait pour aboutir dans des déserts arides ou, même dans la mer. Et, d'autre part, le pourcentage d'animaux parasités n'est pas plus élevé chez les sauterelles des aires grégarigènes que chez les migrantes.

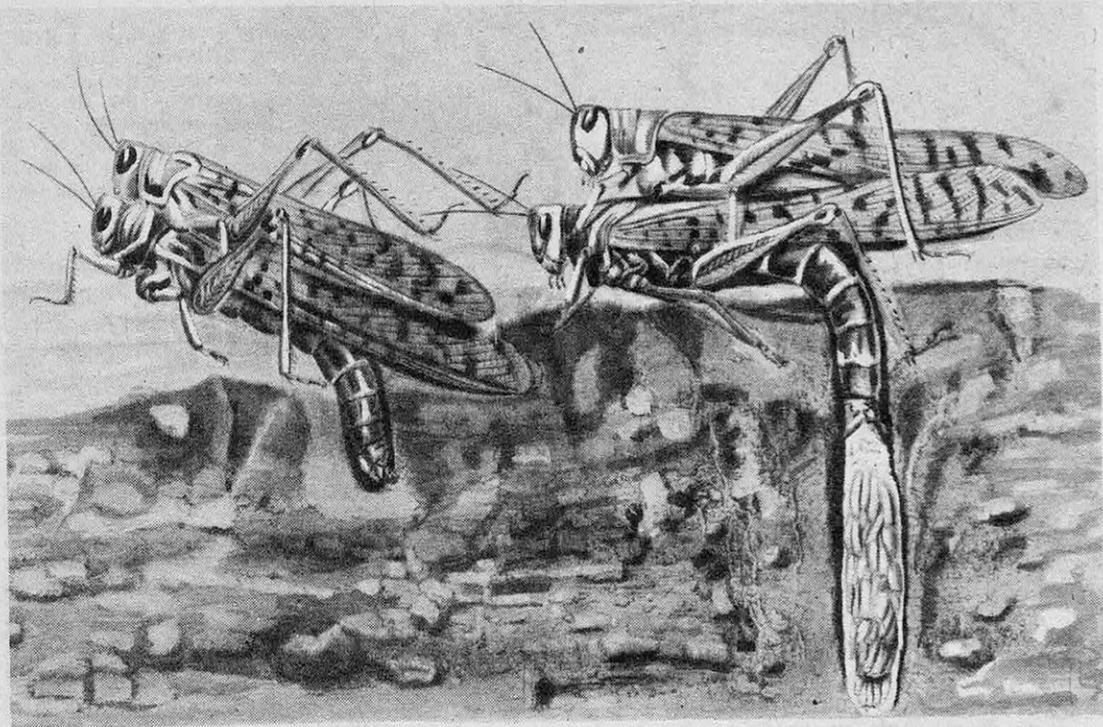


FIG. 4. — LA PONTE DU CRIQUET PÈLERIN APRÈS L'ACCOUPEMENT

Portant le mâle sur son dos, la femelle creuse un trou dans le sable, y dépose ses œufs et les recouvre d'une matière spumeuse formant bouchon. (D'après Künchel d'Herculais.)

En réalité, le mystérieux facteur qui provoque la migration et la dirige ne se laisse pas si facilement élucider. Observons le comportement d'une bande de larves migratrices de très bon matin, avant que le soleil n'ait échauffé le sol : elles sont accrochées, immobiles, aux plus hautes branches des buissons, là où les couches d'air sont plus chaudes qu'auprès du sol. Mais, à mesure que le soleil monte, que la terre s'échauffe, les larves descendent et commencent à marcher et à sauter. Insensiblement la direction de progression devient uniforme. Les larves, sorties des buissons, s'avancent dans le même sens ; les déviations passagères, dues aux rochers, aux arbres, aux broussailles sont rapidement compensées, et il n'est rien de plus impressionnant que cette marche inflexible vers on ne sait quel but, et probablement même sans but. Toute la journée, la progression continue : le soir, quand le soleil est déjà bas sur l'horizon et que le sol se refroidit, les criquets montent aux plantes et aux buissons pour y rester toute la nuit ; et, le lendemain matin, le même cycle de phénomènes que nous avons décrit plus haut se déroule, et la marche reprend, dans la même direction que la veille, et cela pendant des jours et parfois des semaines.

Ce maintien inflexible de la direction est, croyons-nous, un des points les plus intéressants de l'étude des migrations. Il se rencontre en effet chez toutes les espèces migrantes, aussi bien les criquets et les papillons que les mammifères. Comment l'interpréter ? Quel est le facteur qui le gouverne ? Nous sommes loin de le savoir ; mais plusieurs observations instructives peuvent être faites.

D'abord, les criquets se dispersent au hasard, le soir, et se regroupent le matin pour reprendre la marche dans le même sens que la veille : le facteur orientant ne peut donc guère venir des insectes eux-mêmes, il doit leur être extérieur et provenir du cosmos : c'est certainement un facteur tellurique ou météorologique.

Ensuite, lorsqu'on isole un criquet de la bande dans une boîte hermétique de bois ou de fer, recouverte d'une vitre qui permet l'observation, l'on constate que le sujet suit dans la boîte la même direction que ses congénères, bien qu'il s'en trouve radicalement séparé. Si l'on retourne la boîte avec précaution, l'insecte exécute un véritable pas de danse, se retourne lui-même et recommence à marcher dans la direction des autres comme s'il possédait une boussole interne. Même lorsque la vue du soleil lui est cachée par un écran opaque, le sens de la direction n'est pas perdu. L'impulsion orientante traverse donc les parois de la boîte. On peut essayer de troubler soit sa transmission, soit sa réception par le criquet.

Pour troubler la transmission, il nous faut faire des hypothèses sur la nature de l'impulsion orientante ; elle n'est évidemment pas de nature visuelle ; peut-être est-elle de nature auditive, les Acridiens possédant, sur les côtés du thorax, d'énormes tympanes qui leur permettent de percevoir une importante série de sons, en particulier ceux provenant de la bande de leurs congénères. Déposons alors la boîte avec son criquet sur un coussinet insonore formé d'ouate ou d'une épaisse couche de foin ; la direction n'en est pas moins conservée. Puis écartons avec un balai les



FIG. 5. — TERRAIN RECOUVERT DE CRIQUETS ADULTES PROVENANT D'UN VOL QUI VIENT DE S'ABATTRE (PHOTO COURTELLEMONT, D'APRÈS KUNCKEL D'HERCULAIS)

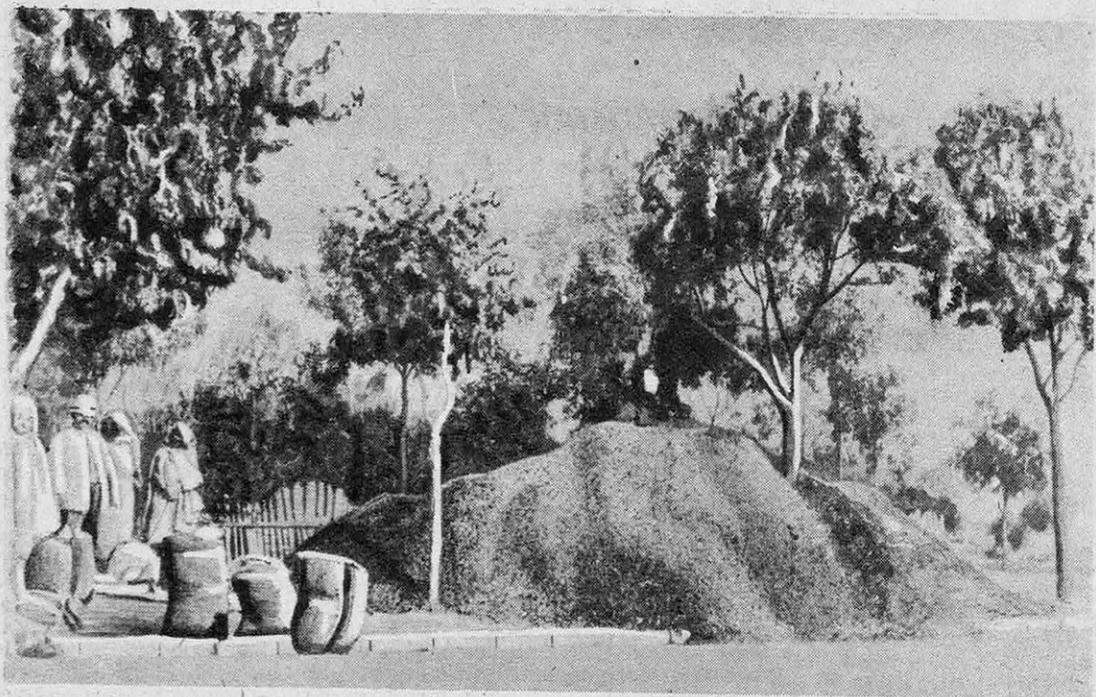


FIG. 6. — ŒUFS DE CRIQUETS MAROCAINS

Ce tas d'œufs, qui représente la récolte d'une journée à Ain-M'lila (département de Constantine) donne une idée de la densité de ponte; il faut tenir compte de ce que la majorité des œufs, enfouis dans le sol, n'ont pas été ramassés. (Photo Gillotte, d'après Kunckel d'Herculais).

criquets qui défilent à gauche et à droite de la boîte ; il est possible de les arrêter ainsi pendant quelques minutes. Or, le captif n'en continue pas moins à suivre dans la boîte la direction générale de la bande. On arrive ainsi à confirmer que l'impulsion orientante ne doit pas venir de la bande, mais du monde extérieur. Enfin, il arrive que plusieurs bandes, à une certaine distance, ne se déplacent pas dans le même sens. On peut rencontrer ainsi deux directions perpendiculaires : transportons alors dans sa boîte le criquet prélevé dans la première bande au milieu de la seconde :

il faut avouer que c'est peu ; le facteur en question n'est pas le soleil, ni le vent ; on serait tenté de songer aux courants telluriques, courants électriques qui circulent dans le sol, dont le sens et l'intensité diffèrent avec la constitution géologique du sous-sol ; mais il est impossible de mettre en évidence au laboratoire une influence quelconque du courant électrique sur le sens de marche des sauterelles, ce qui rend l'hypothèse assez improbable. Bornons-nous à souhaiter qu'on établisse à l'avenir un registre exact du déplacement des bandes de larves ; si l'on pouvait



FIG. 7. — JEUNES CRIQUETS MAROCAINS TENTANT DE FRANCHIR UN BARRAGE DE TOILE

Pour arrêter les invasions de jeunes criquets, les indigènes dressent des barrages de toile surmontés par une bande de toile cirée (barrage cypriote) et rabattant les larves vers des fosses où ils les écrasent ou les brûlent à la chaux. (Photo Famin, d'après Künchel d'Herculis.)

il va suivre aussitôt sans hésitation le mouvement de celle-ci.

Mais troublons maintenant la réception de l'impulsion orientante par des destructions sélectives d'organes sensoriels ; il sera facile de se rendre compte que l'ablation des antennes ou la cautérisation des tympanes n'empêchent pas le criquet de retrouver sa direction dans la boîte ; par contre le vernissage des tarsi (articulations terminales de la patte, en rapport immédiat avec le sol) les désorientent complètement, bien que sa marche n'en soit pas gênée. *Le facteur orientant exerce donc son action par l'intermédiaire des tarsi.*

Mais c'est tout ce que nous en pouvons dire, et

établir qu'au cours des années successives les larves suivent toujours les mêmes voies, l'hypothèse d'une influence tellurique s'en trouverait renforcée ; mais il est impossible actuellement d'obtenir des renseignements précis à ce sujet.

Il n'est pas certain que les facteurs de la direction des larves, qui se déplacent au ras du sol, et des adultes, qui peuvent voler à des altitudes de plus de 2 000 mètres, soient les mêmes ; si l'on a observé des bandes de larves suivant la même direction que des vols d'adultes passant au-dessus, il y a bien d'autres cas où il ne semblait y avoir aucune corrélation entre les deux sens de déplacement. Le vent doit exercer une grande influence sur le vol des adultes. Mais, jusqu'à

présent, on n'a guère apprécié la direction du vent qu'auprès du sol pendant les migrations, alors que les courants aériens peuvent avoir une direction très différente à plusieurs centaines ou plusieurs milliers de mètres, là où volent les sauterelles. Il faudrait généraliser l'emploi des ballons-sondes, suivis aux théodolites et envoyés au niveau même de la nuée.

La lutte contre les criquets

Outre les satisfactions théoriques que peuvent retirer les biologistes de la connaissance précise du mécanisme des migrations, celle-ci est éminemment utile pour développer la lutte contre les criquets qui ne disposait, jusqu'à ces dernières années, que de moyens d'action empiriques et fort primitifs en général.

Un progrès important a déjà été accompli en effet avec la théorie des phases, émise en 1921 par Uvarov : elle a permis de localiser dans une certaine mesure les sources des migrations (aires grégariques) et d'y développer la lutte biologique et chimique avant que la trop grande densité des insectes dans ces régions ne provoque la transformation de la phase solitaire en phase grégaire. C'est ainsi qu'une surveillance active est exercée depuis 1939 sur une zone s'étendant sur 18 000 km² dans les marécages du Niger, dans le Soudan français, où eut lieu en 1928 une transformation de phase qui alimenta pendant les neuf années suivantes les essaims de criquets migrants qui couvrirent en Afrique 26 millions de kilomètres carrés. On cherche actuellement à délimiter de

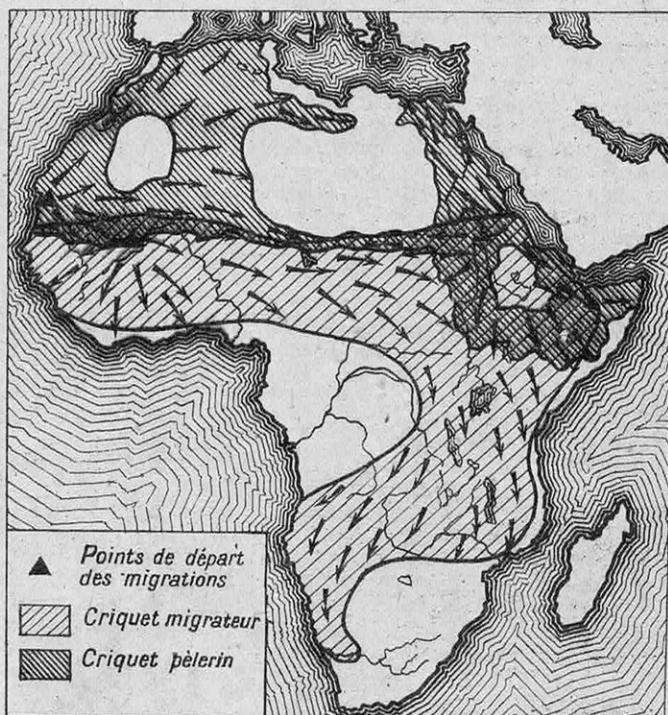


FIG. 8. CARTE DES MIGRATIONS DE CRIQUETS MIGRATEURS ET PÉLERINS EN AFRIQUE (D'APRÈS CHOPARD)

la même façon les aires grégariques, beaucoup plus disséminées, du criquet pèlerin.

La lutte biologique consisterait à favoriser le développement des ennemis naturels des criquets : prédateurs (oiseaux, mantes religieuses) ou parasites (insectes divers pondant sur les œufs ou sur les larves, champignons, bactéries) ; elle est très difficile dans le cas des criquets. Le seul procédé que l'on ait utilisé avec un succès variable (dépendant des conditions météorologiques) est la pulvérisation de cultures de « coccobacilles », agent pathogène pour les criquets (procédé d'Hérelle).

La lutte chimique consiste essentiellement dans l'emploi d'insecticides de contact (kérosène, huile brute, soude caustique) ou, mieux, d'appâts empoisonnés ; pour cette deuxième méthode, l'hexachlorocyclohexane, non toxique pour les animaux domestiques, est avantageusement substitué depuis trois ans aux dérivés arsénisés qui ont été souvent employés (1).

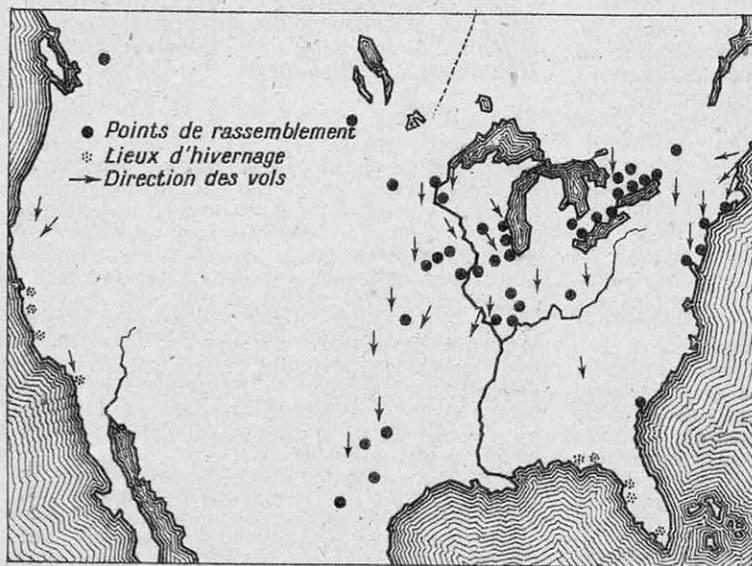


FIG. 9. — CARTE DES POINTS D'HIVERNAGE ET DE RASSEMBLEMENT ET DES MIGRATIONS DU PAPILLON DANAÏS EN AMÉRIQUE DU NORD (D'APRÈS CHOPARD)

(1) L'hexachlorocyclohexane, de formule brute C₆H₆Cl₆ et vulgairement appelé « 666 », est en réalité composé de nom-



FIG. 10. — CHAMPS DE MAÏS DÉVORÉ PAR LES CRIQUETS EN ARGENTINE

Contre les essaims migrateurs, on a employé avec un succès relatif la projection d'insecticides par les avions, tandis que les bandes de larves sont brûlées au lance-flammes ou arrêtées par des tranchées, des barrages cyprotes (fig. 7) ou des barrières métalliques qui les dirigent dans les fosses où elles sont détruites.

On peut imaginer que la connaissance du mystérieux « facteur orientant » permettrait un nouveau progrès dans la lutte contre les invasions de criquets, si on parvenait à agir sur lui pour détourner les migrations vers des rivages désertiques où elles s'anéantiraient dans les océans, mais cela est impossible tant que ce facteur n'a pas été identifié, et rien ne prouve d'ailleurs, s'il était connu, que l'on soit en mesure d'agir sur lui.

Les nuées de papillons

On pourrait répéter à propos des papillons migrants à peu près tout ce que nous avons dit des criquets. Comme chez ces derniers, un savant sud-africain, Faure, vient de découvrir l'existence de deux phases, solitaire et grégaire, chez les chenilles de ces papillons. Leur puissance de vol ne le cède en rien à celle des criquets. Certains, tels les Danaïdes (fig. 1), papillons migrants américains, peuvent couvrir d'énormes distances à de très grandes altitudes. Toutefois,

deux isomères dont un seul est vraiment toxique pour les insectes : l'isomère gamma, appelé par abréviation *gammexane*, et qui s'y trouve contenu en général dans la proportion de 10 à 13 % (voir *Science et Vie* n° 335, août 1945, p. 68).

une étonnante particularité a été signalée chez ces papillons ; c'est l'existence de vols de retour : à certaines époques de l'année, les papillons descendent vers le Sud des États-Unis (fig. 9) ; la génération suivante remonte vers le Nord, dans la zone même qui a donné naissance à la migration précédente. Et c'est là qu'a été observé un des phénomènes les plus surprenants peut-être de la biologie de l'insecte : les arbres à papillons ou *butterfly-trees*.

Les « butterfly-trees »

Certains arbres, toujours les mêmes, sont choisis par les papillons pour leur repos nocturne lors des premières phases de la migration ; les mêmes arbres donnent asile à la descendance des migrants lors des vols de retour : ce sont les *butterfly-trees*, dont les spécimens connus étaient entourés par les Indiens d'une vénération superstitieuse. Comment expliquer ce choix d'un arbre qui ne diffère en rien en apparence de ceux qui l'avoisinent par des papillons qui ne l'ont jamais vu, puisqu'ils appartiennent à deux générations différentes ? Et comment le vol de retour a-t-il assez de précision dans son repérage pour le retrouver à chaque vol ? Toutes questions restées sans réponse.

D'ailleurs, c'est le cas de presque toutes les questions dans ce problème des migrations, l'un des plus obscurs de toute la biologie ; aucun autre ne nous fait apprécier mieux que celui-là au milieu de quelle mer d'ignorance émerge la petite île du savoir humain.

R. CHAUVIN

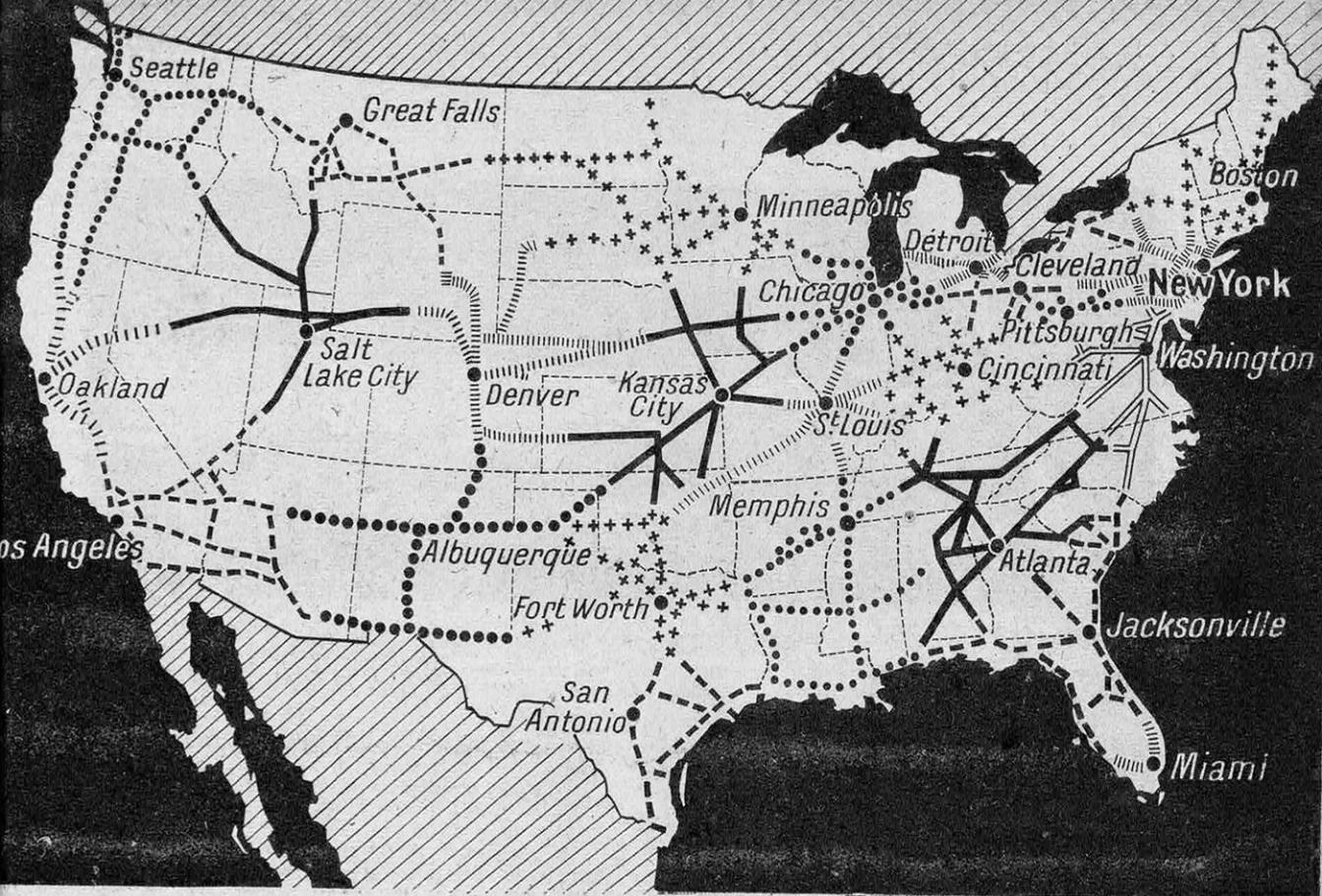


FIG. 1. — SCHÉMA DES LIGNES AÉRIENNES DES ÉTATS-UNIS MONTRANT LES VINGT-QUATRE CENTRES DE CONTRÔLE ET LEURS ZONES DE RESPONSABILITÉ

LA CIRCULATION AÉRIENNE

par Adrien ROLLAND

Malgré les rapides progrès réalisés pendant la guerre et depuis la fin des hostilités par les techniques radio et radar, l'intensité croissante de la circulation aérienne aux abords des aérodromes et sur les routes aériennes à grand trafic s'oppose au développement des qualités de sécurité, régularité et ponctualité qui sont maintenant les tout premiers objectifs du transport aérien. L'état présent de l'infrastructure ne lui permet plus de contrôler cette circulation avec un débit suffisant, et elle ne peut plus prétendre épargner aux avions les risques dus à l'encombrement des routes aériennes sans provoquer un ralentissement considérable du trafic. La nécessité s'impose aujourd'hui non seulement de moderniser l'appareillage et les méthodes de contrôle, mais aussi d'uniformiser, dans le monde entier, les règles de la circulation aérienne, car la plupart des grands aéroports reçoivent aussi bien des avions de lignes transcontinentales que des avions de trafic local.

B IEN que le mauvais temps et les erreurs de navigation soient à l'origine de près de la moitié des accidents graves survenus depuis un an, c'est maintenant l'encombrement de la circulation aérienne qui menace le plus l'essor du transport aérien.

Dans la lutte contre les mauvaises conditions atmosphériques et dans le perfectionnement des équipements de navigation, des résultats extrê-

mement prometteurs sont à enregistrer : sur une ligne d'étude qui a fonctionné pendant près d'un an entre Prestwick et Blackbush, les Anglais ont réalisé 666 liaisons effectives sur 668 prévues. Au cours d'expériences analogues portant sur une période de six mois, la marine américaine a obtenu une régularité de 99 % (437 vols effectifs sur 440). Après des essais systématiques d'atterrissage par mauvais temps, la compagnie

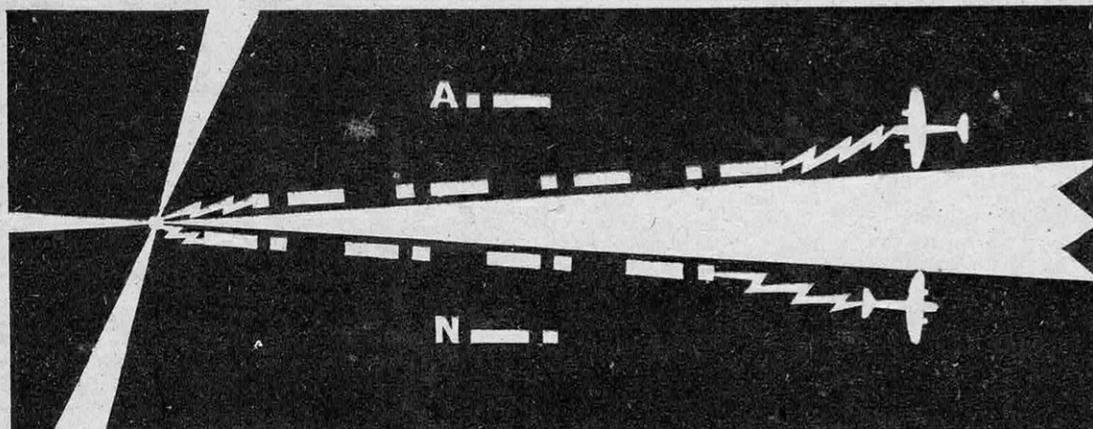


FIG. 2. — DISPOSITIF SCHÉMATIQUE D'UN « RADIORANGE » AMÉRICAIN

Dans l'axe balisé, le pilote entend un son continu. S'il s'en écarte, il perçoit d'un côté la lettre morse A, de l'autre la lettre complémentaire N. Les avions doivent suivre les bords droits des faisceaux.

United Air Lines est arrivée à conclure que les équipements en service permettent l'atterrissage par tous les temps. Ceci conduit tout naturellement à penser que, si des raisons d'économie et de délais de construction ne s'opposaient pas au développement de l'infrastructure radioélectrique actuelle, les difficultés de navigation et de mauvais temps seraient dès maintenant surmontées. Pour l'avenir, le vol du quadrimoteur Douglas « Skymaster » qui, le 22 septembre, a volé des États-Unis en Grande-Bretagne sans aucune aide humaine à l'exception de celle qui lui fut donnée du sol, autorise les plus grands espoirs.

En matière de « circulation », l'optimisme est moins légitime. Actuellement, par suite de l'encombrement du trafic, des départs sont retardés, annulés ; les avions se déroutent, gaspillent des heures de vol. Comment, dans dix ans, guidera-t-on la centaine d'avions qui, autour des plus grands centres, sillonneront le ciel à des vitesses variant entre 100 et plus de 1 000 km/h ?

La circulation aérienne en Europe et en Amérique

La nécessité de régler la circulation aérienne est apparue dès la fin de la première guerre mondiale. Il ne s'agissait, alors, que de vols à vue et la première Convention internationale, signée en 1919, établit des règles simples inspirées de la circulation routière.

Avec les premières liaisons commerciales par mauvaise visibilité, commencèrent les difficultés sérieuses. En Europe Occidentale, le contrôle de la circulation aérienne fut assuré par les chefs de circonscription radioélectrique. Ceux-ci recevaient les avis de départ avec indication du but du voyage et de l'heure d'arrivée prévue. L'opérateur du radiogoniomètre au sol, à l'aide de ses relevements et de quelques messages de position transmis par le radio de bord, tenait des graphiques très simples, lui permettant de se rendre compte de la présence de plusieurs avions sur un même itinéraire. Il signalait, le cas échéant, cette situation au pilote qui, « maître après Dieu » à bord, se déroutait

ou changeait d'altitude s'il le jugeait nécessaire.

L'improbabilité des rencontres tenait au faible nombre d'appareils et à la diversité des routes empruntées.

A proximité de l'aérodrome de destination, une zone d'attente d'environ 30 km de rayon était prévue, et les avions échelonnés en altitude dans cette zone. Cette procédure s'avéra satisfaisante jusqu'en 1939.

Placés devant le même problème, les Américains, à partir de 1936, réalisèrent un système plus précis et plus strict. Ils imposèrent aux avions des routes aériennes (*airways*) (fig. 1), bien définies par des balises radioélectriques et des axes de radiophares à alignements (*radio-ranges*) (fig. 2). La concentration du trafic semble accroître, certes, les risques de collision, mais le travail des centres de contrôle se trouve en fait considérablement simplifié.

Pour assurer la séparation des avions le long d'une « voie aérienne » (fig. 3), l'opérateur au sol doit être continuellement renseigné sur la situation des appareils afin de pouvoir à tout moment imaginer la configuration du trafic futur ; les éléments nécessaires lui sont fournis par les plans de vol établis avant le décollage et par les reports de position transmis en radiotéléphonie par le pilote lorsqu'il passe à la verticale de repères radioélectriques ; les renseignements sont enregistrés sur des fiches disposées sur des tableaux dont chaque colonne reproduit l'échelonnement des avions le long d'une route aérienne ; les ordres qu'impose la situation sont transmis au pilote en radiotéléphonie. Ce système, perfectionné dans ses détails matériels pendant des années, est toujours en vigueur. Il permet d'assurer une sécurité remarquable mais s'est rapidement révélé trop lent : la saturation est atteinte aux environs de 30 à 40 mouvements à l'heure ; comme cette cadence est dépassée sur les grandes lignes, le trafic se trouve freiné aux heures de pointe.

La technique de l'approche des aérodromes est fondée sur l'étagement des avions en altitude sur un bras de « radiorange ». Les attentes et déroutements qui en résultent provoquent des retards importants.

Les difficultés de l'organisation de la circulation

Pour bien saisir l'importance du problème de la circulation aérienne, il convient d'en analyser brièvement les éléments.

Le premier facteur est, évidemment, le nombre d'avions en vol, qui est lui-même fonction du nombre total d'appareils et de leur coefficient d'utilisation. L'importance de l'accroissement des difficultés avec le nombre d'appareils en l'air est souvent mal apprécié : si l'on considère deux séries de quatre avions suivant à la même altitude deux routes concourantes, chaque avion sur chaque route pouvant télescoper l'un des appareils de l'autre route, seize collisions sont possibles à l'intersection ; avec huit avions sur chaque route, le nombre des possibilités de rencontre s'élève à soixante-quatre. Ainsi, en doublant le nombre des appareils, on augmente quatre fois les risques de collision. De même, en étudiant le travail d'un contrôleur pendant une période de temps de dix minutes, par exemple, on voit que, pour donner des instructions à un avion, il doit tenir compte de la situation de tous les autres ; si le nombre d'avions est multiplié par deux, il devra vérifier la position d'un nombre double d'appareils en ayant deux fois moins de temps à consacrer à chacun d'eux. Ici encore la difficulté croît comme le carré du nombre d'appareils en vol.

Après le nombre d'avions en vol, c'est la vitesse et également l'écart de vitesse entre les

appareils qui embarrassent le plus les spécialistes.

Avec des avions plus rapides, l'opérateur au sol dispose de moins de temps pour « réaliser la situation » et transmettre des instructions ; le pilote, de son côté, doit exécuter plus rapidement des manœuvres souvent plus délicates. L'écart de vitesse entre les appareils, en multipliant les dépassements, entraîne peut-être une complication plus grave. Les contrôleurs américains s'en sont aperçus à leurs dépens lors de la mise en service des Douglas DC-4 dans une flotte commerciale presque uniquement composée de Douglas DC-3.

La croissance du tonnage est aussi une circonstance aggravante, puisqu'elle entraîne une diminution de la maniabilité. La précision de la navigation augmente également les risques de collision. Elle permet, en effet, aux avions de se maintenir exactement sur leurs itinéraires, alors qu'autrefois les erreurs d'estime étalaient le trafic de part et d'autre de la route à suivre.

Enfin, l'enchevêtrement des routes, la proximité des aérodromes, l'irrégularité des horaires en ce qui concerne le transport à la demande et l'aviation privée, la nécessité d'une certaine souplesse pour permettre aux avions de contourner les perturbations atmosphériques les plus dangereuses, les difficultés de langage, le climat, le relief du sol sont autant d'éléments ayant à des degrés divers une influence toujours aggravante.

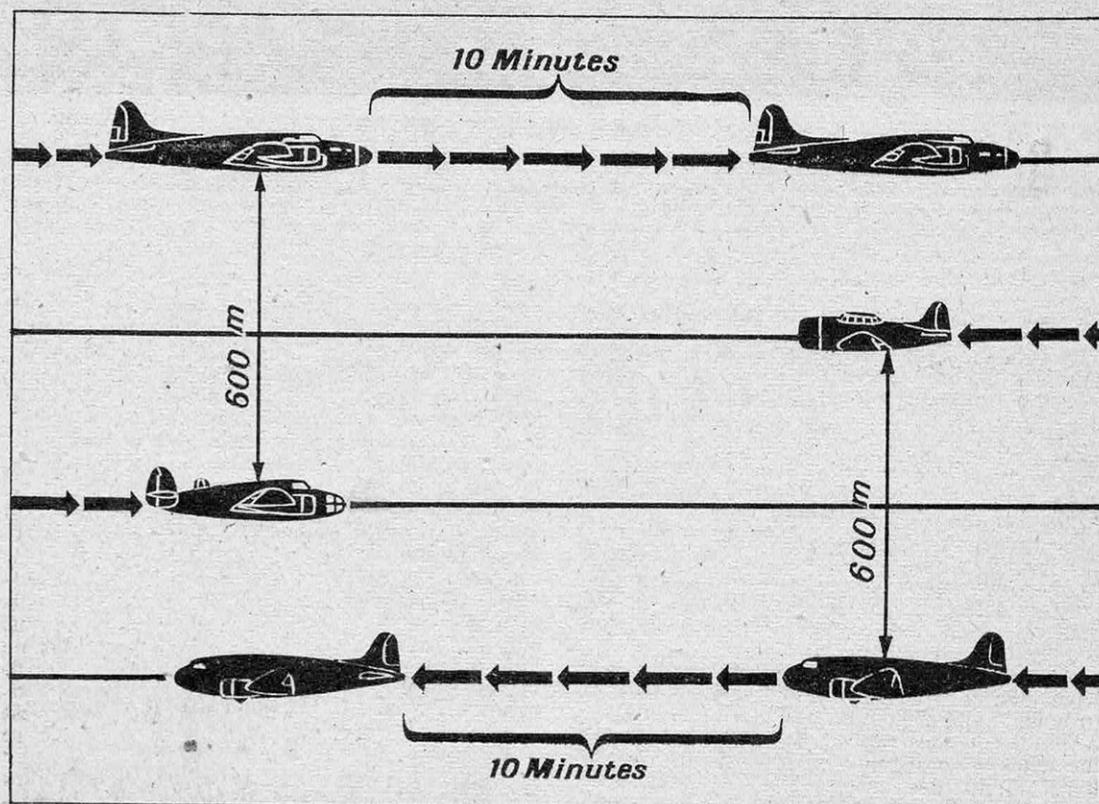


FIG. 3. — L'ESPACEMENT DES AVIONS SUR LES ROUTES AÉRIENNES

Le contrôleur doit maintenir entre les avions les distances verticales et horizontales indiquées ci-dessus.

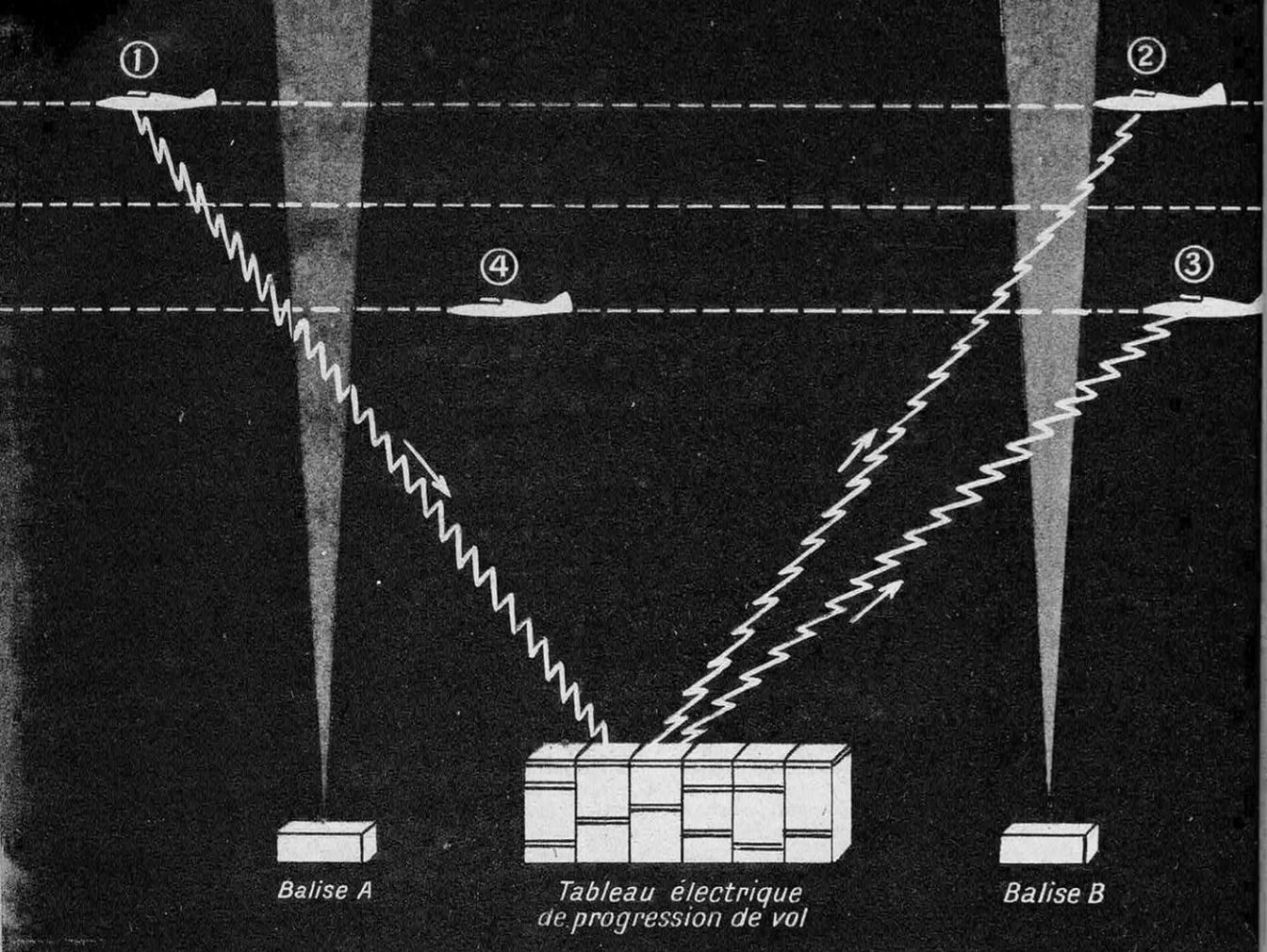


FIG. 4. — PRINCIPE DU « TELEGISTRER », SYSTÈME AMÉRICAIN ASSURANT AUTOMATIQUEMENT LE CONTRÔLE DE LA CIRCULATION AÉRIENNE DANS LES RÉGIONS DE TRAFIC INTENSE

Cette figure donne un exemple de fonctionnement du « telegistrier ». L'avion 1 ayant survolé la balise A, le tableau électrique de progression reçoit un signal indiquant que l'espace AB est libre à l'altitude correspondante, et il peut transmettre à l'avion 2 le signal l'autorisant à traverser de B en A. Au contraire, l'avion 3 doit attendre, avant de franchir la limite de la balise B, que l'avion 4 ait survolé la balise A.

La circulation sur les routes aériennes

Le problème de l'organisation de la circulation aérienne ne se présente pas de la même manière au-dessus des océans ou des régions désertiques qu'au voisinage des centres importants, à 3 000 m d'altitude ou au cours de la descente à proximité de la piste d'atterrissage.

Il y a lieu, par conséquent, d'envisager différentes phases géographiques.

Sur les océans et régions peu peuplées ainsi que dans les hautes couches de l'atmosphère, les mouvements sont peu nombreux. En imposant aux avions des altitudes différentes suivant la route à suivre, les risques de rencontre sont pratiquement inexistantes.

Dans les régions de trafic intense, il faut éviter les collisions tout en assurant un écoulement maximum. Ici, deux conceptions s'opposent :

Les Américains, pour leur vaste continent aux centres de peuplement assez dispersés, sur lequel le trafic aérien se concentre tout naturellement le long de routes bien définies reliant ces centres, voudraient maintenir, en le perfectionnant et notamment en le rendant automatique, l'actuel système de contrôle des *airways*.

Le trafic serait organisé à la manière du système de sécurité actuellement employé sur les chemins de fer. Les projets connus sous les noms de *telegistrier* et *block system* prévoient la mécanisation de toutes les opérations de réception, classification, distribution, affichage et archivage des renseignements, ainsi que la transmission automatique des reports de position entre l'avion et le sol. L'espace serait divisé en blocs de dimensions suffisantes pour permettre à un avion d'attendre en sécurité et de manœuvrer en attendant de pouvoir pénétrer dans le bloc suivant. Le survol d'une balise déclencherait automatiquement l'inscription du message de position sur le tableau de progression de vol (fig. 4) ; inversement, le pilote verrait s'allumer automatiquement sur son tableau de bord une lampe verte ou rouge selon que le bloc suivant serait libre ou interdit par suite de la présence d'un autre appareil (fig. 5).

En Europe Occidentale, où le réseau de routes aériennes constitue une véritable toile d'araignée aux mailles extrêmement serrées, les responsables de l'organisation de la circulation aérienne, désireux de ne pas retirer à l'avion le principal de ses avantages, « l'espace », s'orientent

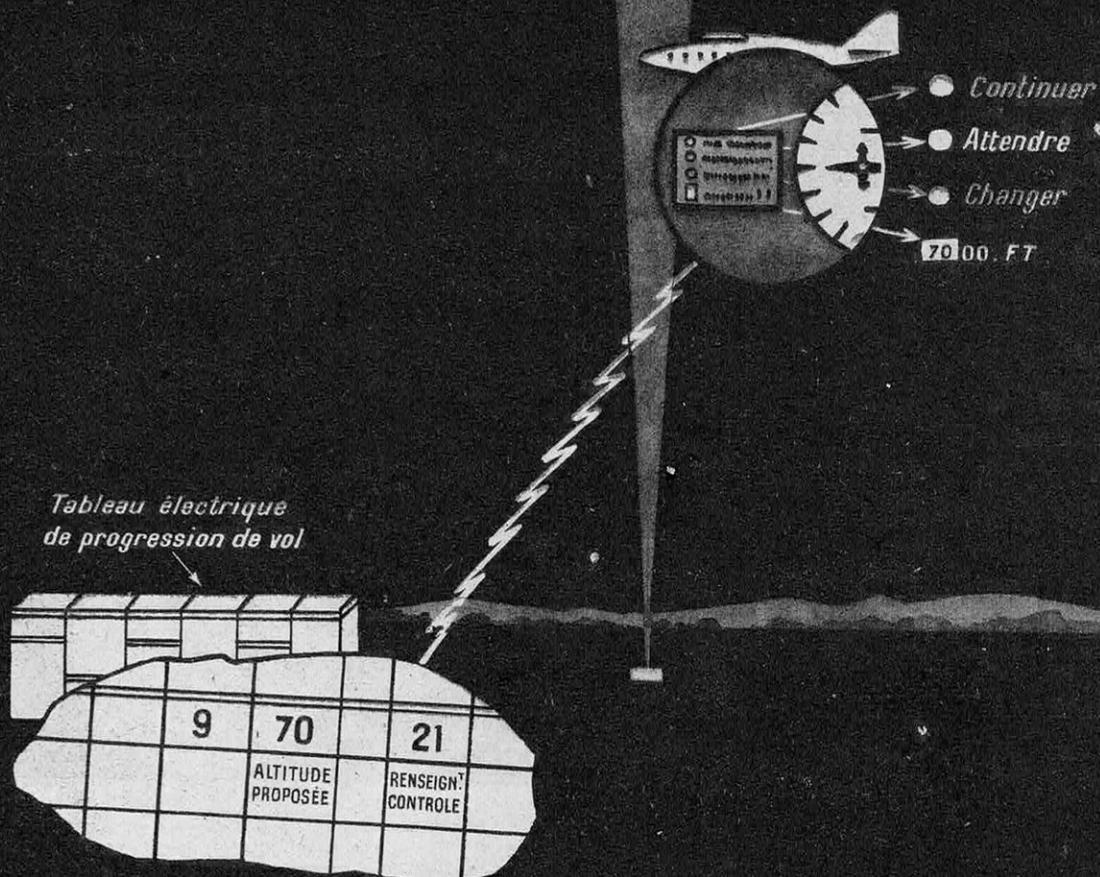


FIG. 5. — LA TRANSMISSION AUTOMATIQUE DES RENSEIGNEMENTS ET DES ORDRES PAR LE « TELEGRISTRIER »

Le survol de la balise déclenche l'inscription automatique du message de position sur le tableau électrique de progression de vol. Sur le tableau de bord de l'avion, des lampes s'allument pour indiquer au pilote s'il doit pénétrer dans le bloc suivant, ou attendre, ou changer d'altitude.

vers un système plus souple et plus libéral. Le radar de bord devant permettre de rétablir par tous les temps les conditions du vol à vue, les collisions seraient évitées dans le ciel comme elles le sont sur les routes. Par ailleurs, un équipement de navigation extrêmement précis donnerait au pilote la possibilité d'arriver à l'aérodrome de destination à l'heure exacte prescrite par le contrôle.

La circulation aux abords des aérodromes

C'est à proximité des aérodromes que la difficulté devient maximum. Il s'agit de convertir les arrivées, irrégulièrement réparties dans le temps, en un flux uniforme le long de la trajectoire, d'atterrissage. Il faut, en quelque sorte, réaliser dans l'espace de véritables gares de triage permettant aux avions d'attendre jusqu'à l'instant de leur descente et coordonner les mouvements de manière à réduire ces attentes au minimum, ceci avec le souci constant d'éviter les collisions.

L'organisme d'études américain *Aircraft Instrument Laboratories* a recherché par le calcul des probabilités quelles étaient les attentes inévitables. Voici un exemple des résultats

obtenus : si l'équipement d'un aérodrome permet de faire atterrir un appareil toutes les 4 mn, soit 15 avions à l'heure, pour 10 arrivées distribuées au hasard dans un intervalle d'une heure, les attentes inévitables se répartissent comme suit : 50 % des avions devront être retardés d'au moins 2 mn 1/2 ; 10 % d'au moins 10 mn, et 1 % d'au moins 23 mn. Ces chiffres font apparaître la marge importante existant entre le débit maximum théorique et le débit réel.

A l'heure actuelle, sur tous les aérodromes importants, l'attente se fait par *échelonnement des appareils en altitude*, tout l'ensemble descendant d'un étage aux ordres du contrôleur après chaque atterrissage. La lenteur du procédé est évidente et l'Administration de l'Aéronautique civile des États-Unis a calculé que 2417 heures de vol ont été perdues dans ces « piles » d'avions au cours du premier semestre de 1946.

Pour accélérer le débit, les Anglais ont proposé une solution possible pour des avions équipés du système de navigation hyperbolique Gee (1). Le principe consiste à amener les

(1) Dans le système Gee, le navigateur mesure, sur un oscillographe cathodique, la différence des temps mis pour lui parvenir par les impulsions brèves émises simultanément dans toutes les directions

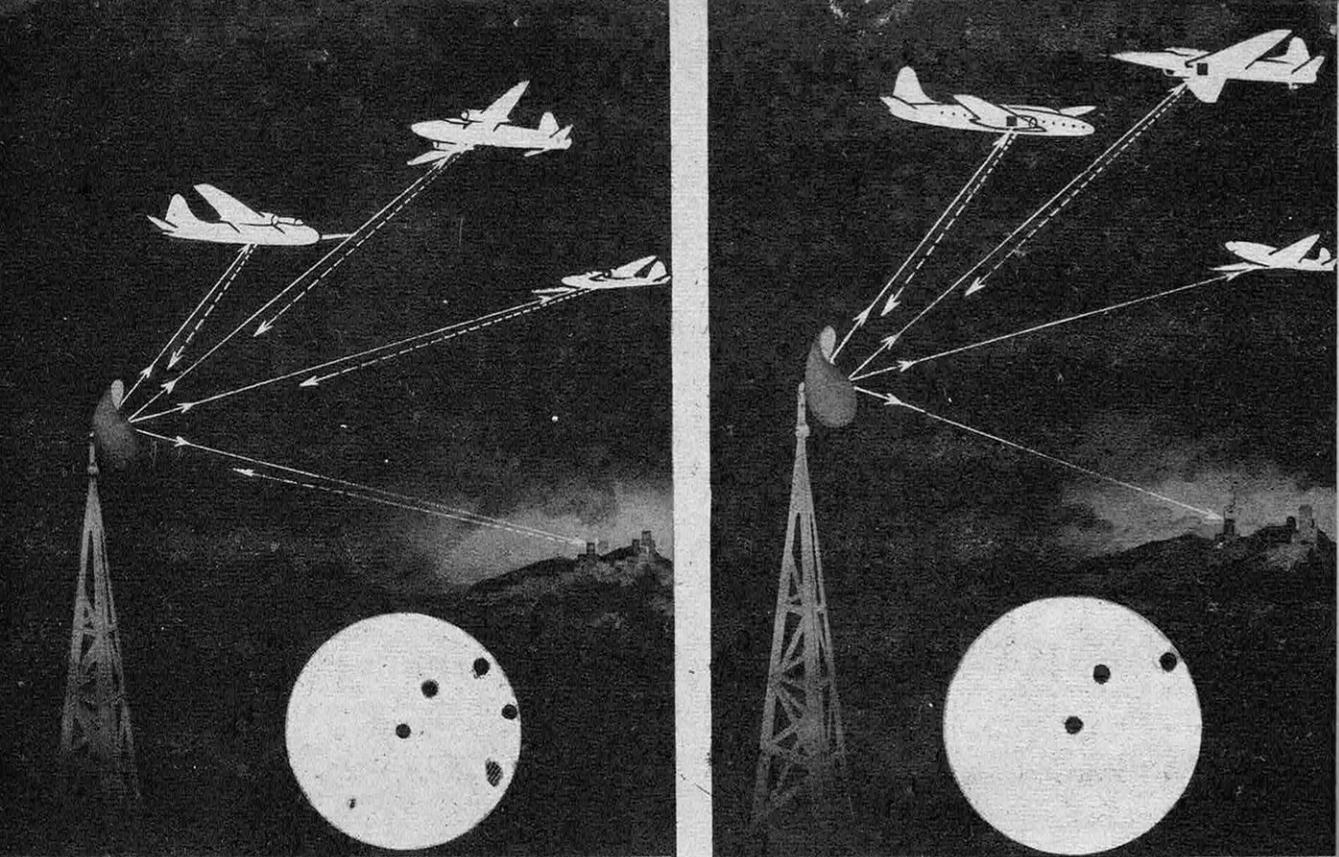


FIG. 6 ET 7. — RADAR PRIMAIRE ET RADAR SECONDAIRE

Sur l'écran du radar primaire (à gauche) s'inscrivent les échos de tous les avions situés dans la zone de surveillance ainsi que ceux des obstacles divers de la même zone (échos fixes). Sur l'écran du radar secondaire (à droite) s'inscrivent seuls les échos fournis par les avions munis d'un répondeur; les lectures sont beaucoup plus nettes et, de plus, la réponse peut être codée pour indiquer l'identité et l'altitude de l'avion.

pilotes à se présenter à un point appelé « porte » situé à une dizaine de kilomètres dans l'axe de la piste, aux heures et minutes précises fixées par le contrôleur au sol. Pour obtenir ce résultat, 5 mn avant d'entrer dans un cercle de 50 km centré sur l'aérodrome, tout chef de bord est tenu de transmettre au contrôle son heure d'arrivée prévue sur le cercle et à la porte. Le contrôleur décide alors si l'ayon peut continuer à voler directement vers l'aérodrome ou suivre un itinéraire non rectiligne, afin de perdre du temps et pouvoir se présenter à la porte à l'heure exacte où celle-ci est libre. Dans ce dernier cas, le contrôleur calcule à quel point l'avion doit rejoindre une hyperbole Gee appelée « ligne d'approche principale » qu'il suivra jusqu'à la porte.

Séduisant dans son principe puisqu'il supprime les « piles d'avions », ce système exige que tous les appareils soient équipés de la boîte Gee ; or, la standardisation internationale d'un équipement de navigation s'est jusqu'à présent révélée impossible à réaliser. Par ailleurs, l'expérience a prouvé que les variations de vitesse du vent rendent très difficile l'arrivée des avions aux heures et minutes exactes prévues par le contrôle.

par deux stations éloignées. Il en déduit la différence des distances qui le séparent des deux stations et se situe sur une hyperbole particulière d'un réseau tracé sur sa carte, ayant les deux émetteurs pour foyers. Un troisième émetteur lui permet de définir sa position par recoupement sur un deuxième réseau d'hyperboles (voir *Science et Vie*, n° 365, février 1948, p. 67).

Le principe du contrôle visuel

L'organe essentiel du contrôle d'aérodrome est l'appareil qui doit permettre aux contrôleurs de connaître à tout instant la position de tous les avions circulant dans la zone d'approche de l'aérodrome. L'idéal est de leur donner, sur un écran, la vision simultanée de tous ces avions, avec, pour chacun, l'indication de l'identité et de l'altitude.

Les appareils nécessaires font en général appel au principe du radar panoramique du genre P. P. I. (*Plan Position Indicator*) (1), auquel ont été apportés divers perfectionnements.

Les radars les plus simples, appelés primaires, utilisent l'écho proprement dit, c'est-à-dire la diffusion par les carlingues des avions des impulsions qui les frappent, sans qu'il soit fait appel à un réémetteur électronique à bord.

Les radars primaires ne peuvent évidemment pas assurer par eux-mêmes l'identification des avions. Ceux-ci doivent signaler par radio leur identité avec indication de leur position approchée. L'utilisation de radars puissants risque ainsi d'être pratiquement sans intérêt ou sujette à erreurs dans le cas d'un trafic tant soit peu important. Aussi leur adjoint-on, pour ce faire, un émetteur-récepteur à ondes dirigées dont l'orientation est repérée sur le même écran oscilloscopique que l'appareil radar ; on pourra

(1) Un radar panoramique comporte essentiellement :

— un émetteur d'ondes de très haute fréquence découpées sous forme d'impulsions ou groupes de plusieurs centaines d'oscillations ;

correspondre ainsi avec l'avion relatif à l'écho choisi; toutefois, il est bien évident que, si deux avions sont dans un relèvement voisin, il n'est pas possible de les distinguer par ce seul moyen.

Les radars primaires ne peuvent pas non plus fournir l'altitude des avions d'une façon correcte et il est nécessaire que les avions signalent, en même temps que leur identité, leur altitude mesurée à bord.

Enfin, les écrans des radars primaires sont envahis par les échos « retour du sol » qui gênent considérablement et que l'on peut éliminer à l'aide de dispositifs spéciaux.

Plus compliqués, les radars dits *secondaires* utilisent à la réception non plus les ondes diffusées par les carlingues, mais des ondes réémises instantanément par un dispositif de bord électronique, récepteur-émetteur appelé *répondeur*. Les avantages de ce procédé apparaissent immédiatement. D'une part, chaque avion pourra coder sa réponse et indiquer ainsi son identité et son altitude mesurée par les instruments de bord; d'autre part, seuls les échos des avions munis de répondeurs s'inscriront sur l'écran du radar, si la réponse est retransmise sur une fréquence différente de celle de l'émission. Ainsi les échos du sol se trouvent-ils automatiquement éliminés (1).

Les principaux systèmes de contrôle d'aéroports

Les réalisations les plus avancées en matière de contrôleurs radars d'aéroports semblent être celles réalisées aux U. S. A., qui d'ailleurs ont équipé déjà quelques terrains (Gander, Pittsburgh), avec ces appareils, et les ont utilisés dans leur expédition au pôle sud. Ce sont pour la plupart des radars primaires panoramiques : *AN/CPN-2* (Bendix); *AN/CPN-1*, à suppression des échos fixes; *Radar Traffic Control* (Civil Aeronautic Administration), radar primaire sur 10 cm à suppression des échos fixes et à présentation sur tube « skiatron » dont les indications s'inscrivent en noir sur blanc et sont donc visibles en plein jour, alors que les traces lumineuses des écrans oscilloscopiques ordinaires exigent pour le moins une demi-obscurité.

La meilleure démonstration présentée aux experts de l'Organisation de l'Aviation civile internationale a été celle de l'*AN/CPN-18*, radar primaire fonctionnant sur 10 m de longueur d'onde, combiné avec un chercheur en hauteur sur 3 cm, et avec un radiogoniomètre à très haute fréquence pour identification des

— un aérien directif tournant servant à répartir ces impulsions dans les différentes directions et à recevoir les ondes de retour (la vitesse de l'aérien est relativement lente par rapport à la vitesse des ondes électromagnétiques, et tout se passe pratiquement comme si l'aérien était resté immobile pendant un trajet aller et retour d'un groupe d'impulsions);

— un récepteur amplificateur des échos et un analyseur comprenant un oscillographe cathodique utilisé avec une base tournante en synchronisme avec l'aérien (voir : « Le radar », *Science et Vie*, n° 338, novembre 1945).

(1) Le radar est appelé à jouer aussi un rôle primordial dans le contrôle du trafic sur les aérodromes. Le fonctionnement des moteurs au sol coûtant fort cher et menaçant de devenir beaucoup plus onéreux encore avec l'utilisation de la réaction, il faut réduire le plus possible les délais de roulement. L'organisation d'un service de *dispatching* au sol s'imposera dans un proche avenir.

avions. L'émetteur radar produit un faisceau d'une portée de 40 milles jusqu'à une altitude de 4 000 m. L'indicateur radar est un « skiatron » de grande dimension à surface horizontale. Trois contrôleurs placés devant le « skiatron » suivent les évolutions des avions et donnent des instructions aux pilotes de manière à les amener à se présenter dans l'axe de la piste d'atterrissage à intervalles réguliers.

Le premier contrôleur est chargé de repérer et d'identifier les avions. Il affiche sur l'écran radar le relèvement donné par le goniomètre et recherche sur ce relèvement la tache représentant l'écho de l'avion. Lorsque l'avion est identifié, il place un pion marqué d'une lettre sur sa trace sur l'écran. La lettre correspond à une ligne d'un tableau sur lequel sont inscrites les caractéristiques du plan de vol de l'appareil.

Le deuxième contrôleur dirige les avions. Il déplace les pions sur les taches et transmet des ordres aux pilotes de manière à les diriger vers la « porte » en assurant un espacement de 6 à 8 km. Il peut ainsi suivre jusqu'à quinze avions sur son « skiatron ».

Le dernier contrôleur dispose d'un indicateur radar décentré et agrandi, limité au secteur de la « porte », lui permettant d'apprécier les légères erreurs d'évolution. Son rôle consiste à amener les avions sur l'axe de la piste, l'atterrissage devant ensuite s'effectuer à l'aide du *SCS-51* ou du *GCA* (1).

Ce système, en service à l'*All Weather Flying Center* de Wilmington (Ohio), a permis d'atteindre un débit à l'atterrissage de près de quarante avions à l'heure. Il devrait donc permettre d'éliminer les attentes superposées. Malheureusement, le « skiatron » est encore très fragile et coûte très cher.

Par ailleurs, un nombreux personnel est nécessaire en permanence au sol et la diversité des langues en restreint l'emploi. Il est cependant à peu près certain qu'un procédé de ce genre sera largement utilisé dans les années à venir.

L'appareil anglais correspondant est l'*Airfield Control Radar*, dont il existe deux versions, l'*A. C. R. Mark III* et l'*A. C. R. Mark IV*.

L'*A. C. R. Mark III* est un radar primaire fonctionnant sur 3 cm, associé à un radiogoniomètre automatique à très haute fréquence; la portée est d'une quarantaine de kilomètres à 1 000 m d'altitude; la couverture aérienne est complète grâce à un dispositif double d'aériens, l'un assurant la couverture basse, l'autre la couverture haute.

L'*A. C. R. Mark IV* comprend le radar primaire du *Mark III*, donnant sur un écran une vision panoramique de tous les avions munis ou non de répondeurs (matériel nécessaire tant que les avions n'en seront pas tous équipés), et un autre ensemble (*Mark IV* proprement dit) constitué par un radar secondaire donnant sur un autre écran une vision panoramique des seuls avions munis de répondeurs avec possibilité d'identification.

Les *Federal Telecommunications Laboratories*, aux U. S. A., mettent au point un système de contrôle et de guidage, *Navar* et *Navascreen*, qui doit s'intégrer dans un ensemble complet de radionavigation comportant également la navigation à grande distance (*Navaglobe*) et l'atterrissage sans visibilité (*Navaglide*).

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

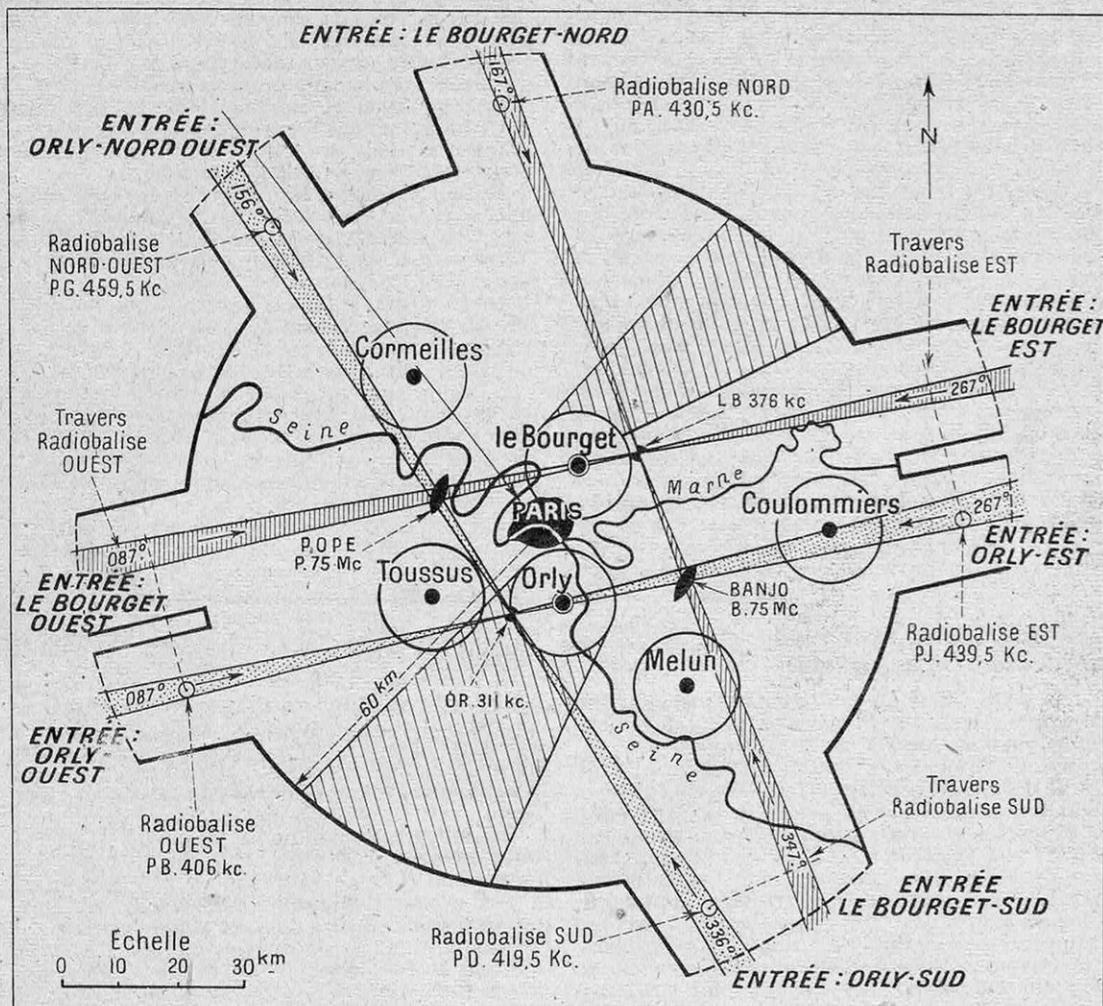


FIG. 8. — PLAN D'ORGANISATION DE LA CIRCULATION AÉRIENNE DANS LA ZONE CONTRÔLÉE DE PARIS

Les avions se dirigeant sur Orly et le Bourget doivent toujours se maintenir sur le côté des axes des radioalignements. Ils ne pénètrent dans la zone que par les points d'entrée prévus, après avoir obtenu l'autorisation du centre de contrôle régional. A leur passage à la verticale ou par le travers des radiobalises situées à chaque entrée, ils passent sous l'autorité des contrôles d'aérodromes. A l'intérieur de la zone, les manœuvres ne peuvent s'effectuer qu'après avoir été autorisées par le contrôle. Sous le nom de chaque émetteur ou radiobalise ont été indiqués sur notre dessin, son indicatif et la longueur d'onde de son émission.

Fondé sur l'utilisation de radar primaire et de radar secondaire à réponse codée, le Navar doit donner aux contrôleurs au sol la vision des avions non munis de répondeurs, celle des avions munis de répondeurs avec sélection en altitude, et, sélectivement, la vision et l'identification automatique des avions désirant atterrir et dont les répondeurs sont accordés sur la fréquence de l'aéroport, ainsi que la possibilité de communiquer à ces avions des ordres codés apparaissant sur leur tableau de bord ; il doit donner en même temps à chaque avion, automatiquement, sa position en coordonnées polaires par rapport à l'aéroport, lui fournir par un calculateur automatique les éléments nécessaires pour se maintenir, au moyen de l'observation d'une aiguille droite-gauche, sur une route quelconque, même décalée par rapport à l'émetteur,

ou pour « orbiter » autour de celui-ci ; il doit enfin lui donner une représentation télévisée (Navascope) du radar panoramique terrestre, montrant sur une carte de la région les avions volant à même altitude que l'avion lui-même (1) ; ces fonctions sont remplies par un nombre restreint d'appareils au sol et à bord. Le Navascreen, d'autre part, au sol, doit rassembler sur son unique écran de grandes dimensions par un système de projections, tous les renseignements concernant la position, les déplacements, l'altitude et l'identité des avions pour donner aux contrôleurs une vue d'ensemble, aussi complète que possible, de la circulation aérienne dans la région.

(1) Voir : « La navigation aérienne et la radio » (Science et Vie, n° 365, février 1948, p. 68).

Les réalisations françaises

Obligée, au lendemain de la Libération, de compléter une infrastructure radio extrêmement hétéroclite et d'établir une doctrine, la France a porté son effort à la fois dans le domaine de la recherche scientifique, de l'équipement immédiat des aérodromes et de la réglementation.

Dans les laboratoires, les ingénieurs comblent le retard que la guerre a fait prendre en matière de radioélectricité appliquée à l'aviation. Sur les aérodromes, l'infrastructure est complétée et améliorée tandis que, parallèlement, se développe le réseau de liaisons indispensables au contrôle. En matière de réglementation, un nouveau texte, abrogeant le règlement provisoire établi dès 1945, a été publié en septembre dernier.

Dans le cadre des recommandations formulées par l'Organisation de l'Aviation civile internationale, le territoire a été divisé en trois régions d'informations de vol. Dans ces régions, les pilotes obtiennent des renseignements susceptibles de les aider à conduire leur vol et éviter les collisions. Un centre de contrôle par région, relié par téléphone ou télétype à tous les aéro-

dromes importants de sa région, ainsi qu'aux centres des régions voisines, reçoit les plans de vol et les messages de position des avions et les enregistre sur des tableaux ou sur des cartes.

Autour de chacune des grandes villes : Paris, Marseille, Lyon et Bordeaux, a été créée une zone dans laquelle s'exerce un contrôle positif. Dans ces zones, les pilotes sont tenus d'obéir strictement aux ordres du contrôle (fig. 8).

Enfin, sur tous les aérodromes importants existe un contrôle d'aérodrome qui, averti de l'arrivée des appareils par le centre régional, autorise les atterrissages et, éventuellement, organise les attentes.

Cette organisation est susceptible d'assurer une sécurité convenable, mais elle est dès maintenant insuffisante pour éviter les attentes et les déroutements. Elle permettra de pallier les besoins les plus pressants d'une période transitoire. Pour une solution complète du problème de la circulation aérienne, il faudra attendre pendant plusieurs années la réalisation des systèmes mettant les possibilités du radar et de la télévision au service du transport aérien.

A. ROLLAND

Les réactions nucléaires qui ont lieu au sein des piles atomiques engendrent des rayonnements divers de grande intensité. Chaque atome d'uranium 235 qui subit la fission éclate en livrant au moins deux atomes de poids moyen qui sont radioactifs et émettent, au cours de leur « vie » de durée variable, des particules diverses et des rayons gamma. On a pu évaluer à près de $3,5 \times 10^{16}$ le nombre d'atomes d'uranium 235 qui, chaque seconde, subiraient la fission dans une pile de 1 000 kilowatts. Cette pile livrerait ainsi 7×10^{16} atomes radioactifs par seconde. La radioactivité d'une telle pile se chifferrait ainsi par près de 2 millions de curies, correspondant en gros à celle d'une masse de 2 t de radium. Ce sont les rayons gamma, très pénétrants, qui sont les plus difficiles à arrêter.

L'absorption de ces rayons dans la matière est due à quatre phénomènes : effet photoélectrique (arrachement d'un électron planétaire d'un atome frappé par un photon) ; effet Compton (déviation d'un photon accompagnée d'une augmentation de sa longueur d'onde, lors de sa rencontre avec un électron auquel il cède une partie de son énergie) ; matérialisation (création d'une paire d'électrons, négatif et positif) ; photodésintégration (transmutation provoquée par le photon agissant directement sur un noyau atomique). Le phénomène de création de paires augmente avec l'énergie des photons (et avec le carré du nombre atomique de l'élément constituant l'écran) et, aux énergies élevées, compense la diminution d'absorption par les deux premiers processus. En ce qui concerne l'effet photonucléaire, on a remarqué que plusieurs éléments frappés par des photons gamma de grande énergie les absorbent, émettent des neutrons et, devenus radioactifs, des rayons bêta (électrons).

En résumé, il apparaît que les écrans destinés à arrêter les divers rayonnements des piles devront comporter : un métal sensible aux photons gamma de grande énergie, pour exploiter l'effet photonucléaire ; de l'eau pour arrêter les neutrons (cette eau pourra également contenir un sel de fer en solution, comme le prévoient les chercheurs canadiens) ; du plomb pour arrêter les électrons et réduire l'intensité des photons gamma peu énergiques. Ce plomb arrêtera d'ailleurs toutes les autres particules chargées qui pourraient être émises. Seuls sortiront de la pile les neutrinos, émis en même temps que les rayons bêta, mais dont on n'a pu encore mettre en évidence aucun effet d'ionisation et, par-tant, aucun effet nocif sur les tissus vivants.

SCIENCE ET VIE Publie
un numéro **HORS-SÉRIE**

Radio Radar Télévision...

- De Maxwell au radar
- Propagation des ondes ionosphère
- Les radiotubes
- Télécommunications radioélectriques
- La radio à bord de l'avion, du navire et des véhicules terrestres
- La radiodiffusion
- Radiorécepteurs
- La télévision
- Le radar
- Chauffage électronique
- Les ondes courtes en médecine

PLUS DE 190 PAGES

En vente partout et à nos bureaux :
5, rue de La Baume, PARIS-8^e



LA MESURE DIRECTE DES DIAMÈTRES DES ÉTOILES

par J. GAUZIT

Astronome à l'Observatoire de Lyon.

Les étoiles que nous observons dans le ciel ont des volumes très différents, depuis les géantes et les supergéantes, qui ont parfois un diamètre cinq cents fois supérieur à celui du Soleil, jusqu'aux naines blanches, dont certaines sont bien plus petites que la Terre. Mais les étoiles sont si lointaines qu'il est impossible de mesurer leurs diamètres par les méthodes ordinaires ; l'angle sous lequel elles apparaissent atteint à peine, pour les plus grosses, cinq centièmes de seconde d'arc ; c'est l'angle sous lequel on verrait une tête d'épingle de 1 mm de diamètre placée à une distance de 4 km. On évalue, en général, les dimensions des étoiles par des méthodes indirectes. Pourtant des mesures minutieuses, fondées sur la nature ondulatoire de la lumière, permettent de faire des mesures directes. Ces méthodes, très spéciales, n'ont pu être appliquées qu'à un très faible nombre d'étoiles, mais la concordance obtenue entre les résultats de ces mesures directes et ceux des diverses méthodes de détermination indirecte a permis de vérifier l'exactitude de ces dernières, applicables à la plupart des étoiles visibles.

QUAND on connaît la distance d'un astre, si l'on peut mesurer son diamètre apparent ou diamètre angulaire, c'est-à-dire l'angle sous lequel il apparaît, on en déduit son diamètre réel. C'est ainsi que nous évaluons les dimensions du Soleil, de la Lune et des principales planètes. Mais la méthode échoue dans le cas des étoiles, puisque celles-ci sont tellement éloignées de nous qu'elles semblent ponctuelles, même dans les télescopes les plus puissants. Aucun télescope actuellement en service ne permet de distinguer réellement l'image du disque d'une étoile. (Sur les photographies stellaires, les étoiles les plus brillantes ont un diamètre appréciable, mais il s'agit là d'un phénomène complexe, dû principalement à l'irradiation photographique).

C'est par une méthode indirecte qu'on évalue généralement les dimensions des étoiles. On connaît la luminosité totale d'une étoile à partir de sa magnitude et de sa distance (1). Or la luminosité par unité de surface se déduit de la température superficielle, déterminée elle-même quand on a établi la classe spectrale de l'étoile. En faisant le rapport de la luminosité totale et de la luminosité par unité de surface, on obtient la surface de l'astre et ainsi son diamètre. Le tableau de la figure 1 donne les valeurs des diamètres calculés de cette façon pour quelques étoiles ;

(1) Voir : « La transmutation des atomes, source du rayonnement des étoiles » (*Science et Vie*, n° 279, novembre 1940) et « Les dimensions de l'Univers » (*Science et Vie*, n° 318, février 1944).

il donne aussi les valeurs des masses et des densités. Ce tableau fait apparaître nettement la différence entre les étoiles dites géantes, celles de la série principale et enfin les naines blanches (1). Nous attirons particulièrement l'attention sur l'énorme diamètre des étoiles géantes ; ainsi le diamètre de l'étoile Antares (Alpha du Scorpion) est supérieur à celui de l'orbite de la planète Mars autour du Soleil (fig. 2) ; comme sa masse ne dépasse pas beaucoup celle du Soleil, la densité moyenne de cette étoile est cent fois plus faible que celle de l'air que nous respirons.

(1) : Voir « Le mystère des naines blanches » (*Science et Vie*, n° 331, avril 1945).

ÉTOILES	DIAMÈTRE par rapport à celui du Soleil	MASSE par rapport à celle du Soleil	DENSITÉ en grammes par cm ³
<i>Géantes :</i>			
Antarès	390	10	0,000 000 3
Aldébaran	72	4	0,000 02
Arcturus	30	4	0,000 1
Capella A	16	4	0,001
<i>Série principale :</i>			
Véga	2,6	3	0,3
Sirius A	1,9	2,4	0,5
Altaïr	1,6	2	0,8
Procyon	2,3	1,1	0,1
Soleil	1	1	1,4
61 Cygni A	0,7	0,5	2
Krueger 60 A	0,2	0,3	15
<i>Naines blanches :</i>			
Sirius B	0,02	1	200 000

FIG. 1. — DIAMÈTRES, MASSES ET DENSITÉS DE QUELQUES ÉTOILES

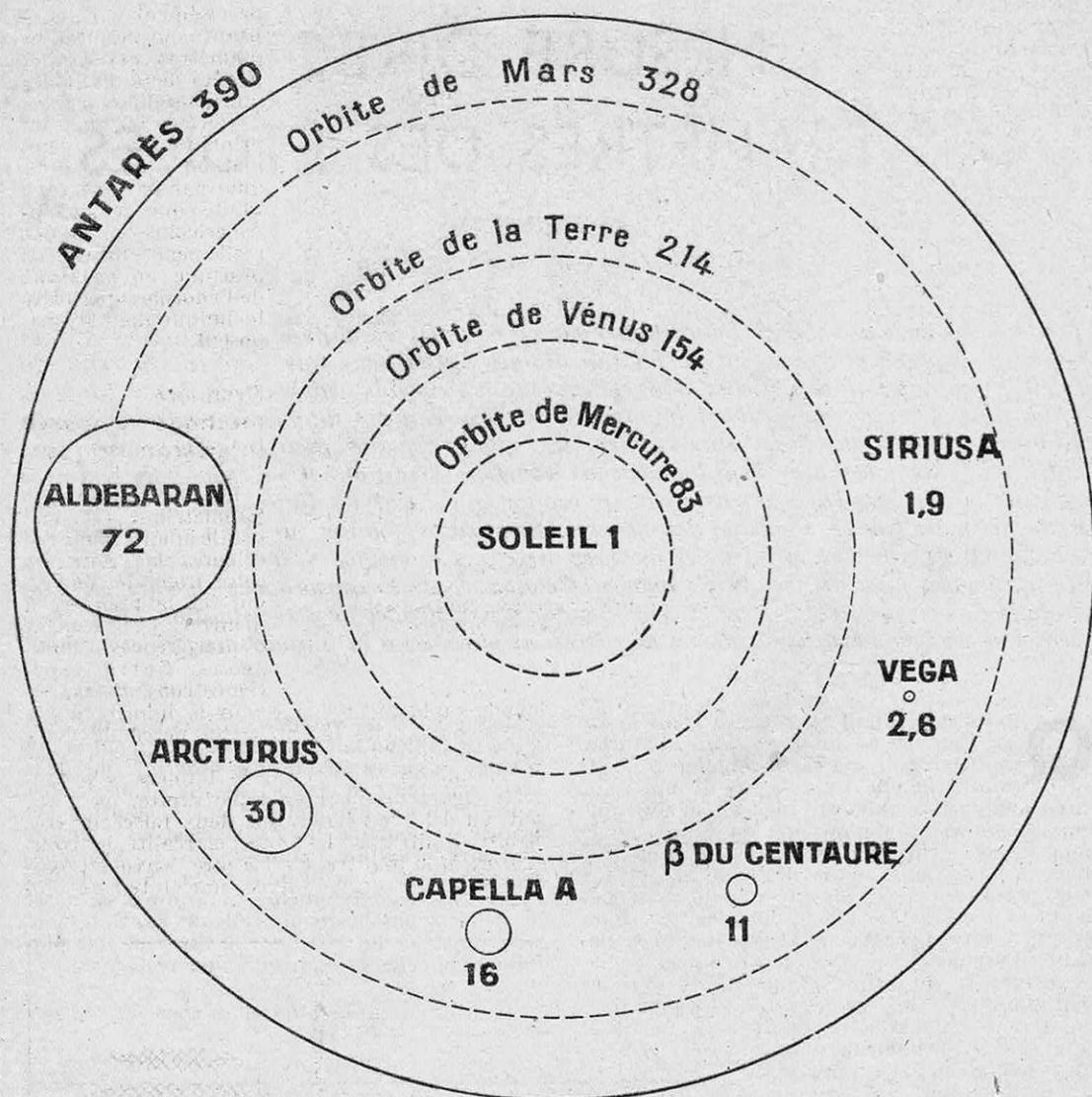


FIG. 2. — DIAMÈTRES DE QUELQUES ÉTOILES COMPARÉS AUX ORBITES DES PETITES PLANÈTES
 A cette échelle, le diamètre du Soleil serait représenté par 0,32 mm.

Cette manière d'évaluer les dimensions des étoiles est détournée ; elle suppose une application exacte des lois du rayonnement des corps incandescents. Il est donc du plus grand intérêt de chercher d'autres méthodes et, suivant une habitude constante en astronomie, de comparer ensuite les résultats obtenus par des voies différentes. Mais le problème est vraiment difficile et n'a reçu, jusqu'ici, qu'une solution partielle. Deux méthodes ont été imaginées, mais elles n'ont pu être appliquées que dans quelques cas très limités.

Optique géométrique et optique physique

Ces deux méthodes mettent à profit la nature ondulatoire de la lumière. Cette propriété de la

lumière est étudiée dans un important chapitre de la physique, que l'on appelle *l'optique physique* par opposition à l'optique dite *géométrique*. L'optique physique montre, rappelons-le, que la propagation rectiligne de la lumière, qui sert de base à l'optique géométrique, n'est, en réalité, qu'une première approximation. De même, tandis que l'optique géométrique prévoit qu'un objectif parfait peut donner d'un point lumineux une image rigoureusement ponctuelle et étudie les conditions pour réaliser cette image, l'optique physique montre que cette image est toujours une petite *tache de diffraction*, c'est-à-dire un petit disque lumineux, entouré d'anneaux alternativement brillants et sombres (fig. 3). A cause de cette propriété, il est absolument illusoire de tenter de mesurer directement le diamètre des étoiles, en réalisant un très fort

grossissement. Quand on emploie un très fort grossissement, avec une lunette ou un télescope, on aperçoit ces taches de diffraction, dont le diamètre est le même pour toutes les étoiles et varie en raison inverse du diamètre de l'objectif. Précisons par un exemple : le diamètre angulaire de la tache centrale de diffraction est de 1 s d'arc pour une lunette de 14 cm de diamètre ; si la distance focale est de 1 m, la tache a, dans le plan focal, une largeur de 0,005 mm. Le pouvoir séparateur d'une lunette, c'est-à-dire sa faculté de distinguer les images de deux étoiles très voisines, est d'autant meilleur que les taches de diffraction sont plus petites. On voit donc l'intérêt des objectifs de grand diamètre (qui présentent aussi l'avantage d'être les plus lumineux) puisque ce sont eux qui donnent les images les plus petites. Néanmoins, même pour le télescope de 2,50 m de diamètre du mont Wilson, la tache de diffraction est plus grande que l'image géométrique de n'importe quelle étoile. Cette nature ondulatoire de la lumière, qui empêche les images géométriques d'être parfaites et produit les taches de diffraction, est

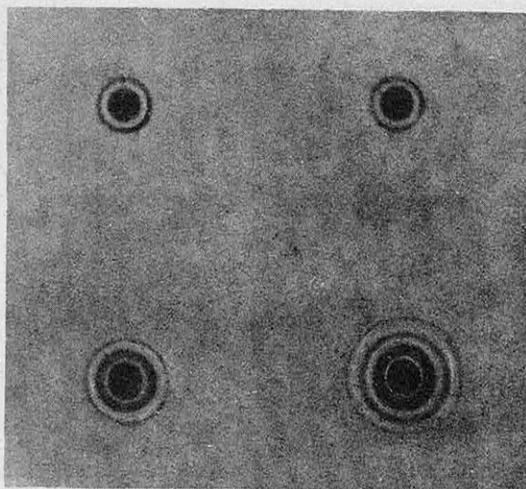


FIG. 3.— TACHES DE DIFFRACTION OBTENUES AU Foyer D'UN OBJECTIF PARFAIT

L'image d'un point est toujours une petite tache lumineuse entourée d'anneaux concentriques. Les images de diffraction ci-dessus ont été obtenues par Danjon et Couder, en photographiant une étoile artificielle avec des temps de pose de plus en plus grands.

précisément mise à profit pour mesurer les diamètres des étoiles par les deux méthodes que nous allons décrire.

Notons ici que les principes de ces deux méthodes ont été indiqués par des Français, tandis que ce sont les Américains qui les ont réellement mises en pratique en profitant de l'énorme supériorité technique dont ils disposent.

Première méthode : mesures interférométriques

La méthode interférométrique est une habile adaptation de la célèbre expérience de deux trous de Young, qui fut la première à montrer des franges d'interférences lumineuses. Cette expérience consiste, rappe-

lons-le rapidement, à recevoir la lumière d'une source ponctuelle sur un écran percé de deux trous voisins et très petits (ou deux fentes étroites et parallèles) (fig. 4). Si la lumière se propageait rigoureusement en ligne droite, on n'aurait, au delà de l'écran, que deux faisceaux très étroits, limités par les trous ; en réalité, les trous diffractent la lumière, c'est-à-dire l'envoient dans toutes les directions, avec une intensité qui

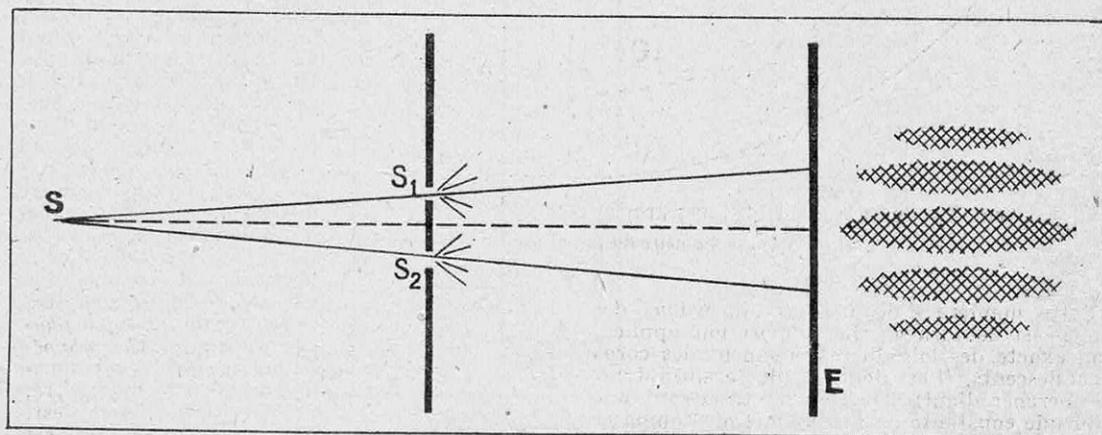


FIG. 4. — SCHÉMA DE L'EXPÉRIENCE DES DEUX TROUS DE YOUNG

La source ponctuelle S éclaire un écran opaque percé de deux trous S_1 et S_2 , très petits et très voisins. Sur l'écran E , on observe des franges d'interférences analogues à celles qui sont dessinées à droite de E . Si l'on opère en lumière blanche, les franges sont colorées. L'expérience est très facile à réaliser en perceant dans un carton deux trous d'épingle, de 0,2 mm de diamètre par exemple, distants de 0,5 mm ; au lieu d'observer par diffusion sur l'écran E , il est préférable de supprimer cet écran et de placer simplement l'œil dans la région des franges ou d'examiner celles-ci avec une loupe ; quant à la source S , on la réalise en éclairant vivement un petit trou percé dans un carton. On a plus de lumière si l'on emploie comme source une fente rectiligne ou un filament rectiligne de lampe électrique ; dans ce cas, on n'observe les franges qu'au moment où la source rectiligne leur est parallèle ; on constate que les franges disparaissent dès que l'angle des franges et de la fente atteint quelques degrés. Cette observation est à rapprocher de la méthode d'étude des étoiles doubles très serrées, que nous signalons dans la note au bas de la page 234. Enfin, on obtient plus de lumière encore en remplaçant les deux trous par deux fentes fines et parallèles.

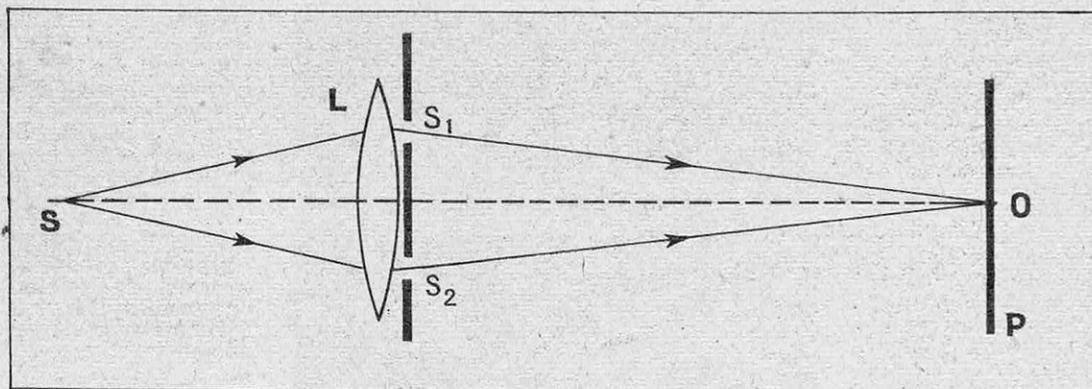


FIG. 5. — AUTRE FORME DE L'EXPÉRIENCE DE YOUNG

S est une source lumineuse ponctuelle et *O* son image donnée par la lentille *L* ; en masquant celle-ci par un écran percé de deux trous *S*₁ et *S*₂, on observe en *O* les franges d'interférences.

décroit d'ailleurs rapidement en dehors des faisceaux rectilignes. Dans la région située au delà des deux trous, la lumière peut donc parvenir en un point par deux trajets différents ; à cause du caractère vibratoire de la lumière, les ondes lumineuses donnent des *interférences* : en certains points (ceux pour lesquels la différence de marche des rayons lumineux est nulle ou égale à un nombre entier de fois la longueur d'onde), les vibrations sont de même sens et s'ajoutent ; en d'autres points, elles sont en opposition et s'annulent. On observe des franges, bandes alternativement brillantes et obscures, autour d'une frange centrale plus lumineuse qui se trouve sur l'axe de symétrie.

On peut rendre les franges beaucoup plus lumineuses en concentrant les rayons lumineux non diffractés sur la frange centrale au moyen d'une lentille, comme le montre la figure 5.

Une condition essentielle pour que l'on obtienne des franges d'interférences est que la source *S* ait un très petit diamètre. En effet, si la source est étendue, les franges que donnerait séparément chaque point de la source ne coïncideraient pas, et leur brouillage mutuel les rendrait invisibles. De manière précise, si l'on considère une source dont le diamètre croît à partir de zéro, les franges cessent d'être visibles lorsque le diamètre sera tel qu'à chaque point de la source corresponde un deuxième point, qui, s'il

était seul, donnerait des franges noires en coïncidence avec les franges brillantes du premier point ; si le diamètre continue de croître, les franges réapparaissent, puis disparaissent, et ainsi plusieurs fois de suite, en s'estompant progressivement à mesure que l'éclairement uniforme augmente.

Dès 1868, le physicien français Fizeau proposa d'employer l'expérience de Young à la mesure des diamètres stellaires. Lorsque la source lumineuse est une étoile, on peut, en effet, réaliser l'expérience sous la forme indiquée dans la figure 5, sauf que la source lumineuse est maintenant placée à très grande distance. La théorie permet de prévoir pour quelle valeur du diamètre apparent d'une étoile les franges cessent d'être visibles ; elle montre que cette valeur varie en raison inverse de la distance des deux trous placés devant l'objectif. Lorsque cette distance est considérable, on peut remplacer les deux trous par des ouvertures de surface appréciable qui ont l'avantage de laisser passer davantage de lumière ; on peut calculer inversement, pour un astre de diamètre apparent donné, quelle distance des ouvertures fait évanouir les franges. L'expérience fut tentée pour la première fois en 1873, à l'observatoire de Marseille, avec le télescope de 80 cm de diamètre ; mais l'observation montra que les franges étaient nettes pour toutes les étoiles. Ce résultat

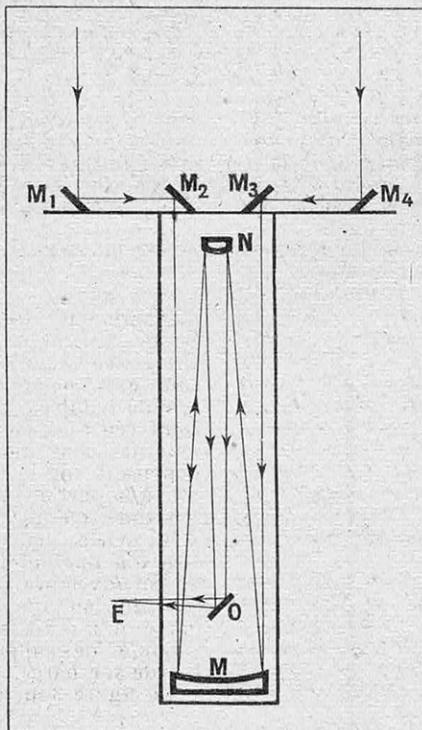


FIG. 6. — SCHÉMA DU MONTAGE INTERFÉROMÉTRIQUE DE MICHELSON POUR LA MESURE DIRECTE DES DIAMÈTRES STELLAIRES

Les quatre miroirs plans *M*₁, *M*₂, *M*₃, *M*₄ sont montés sur un banc d'optique fixé à l'extrémité du tube du télescope de 2,50 m du mont Wilson, comme on le voit sur la figure 7. La lumière venant d'une étoile suit le trajet indiqué et arrive finalement à l'observateur en *E*. La distance dont dépend la visibilité des franges est celle des miroirs extrêmes *M*₁ et *M*₄, qui peuvent être déplacés symétriquement sur le banc d'optique.

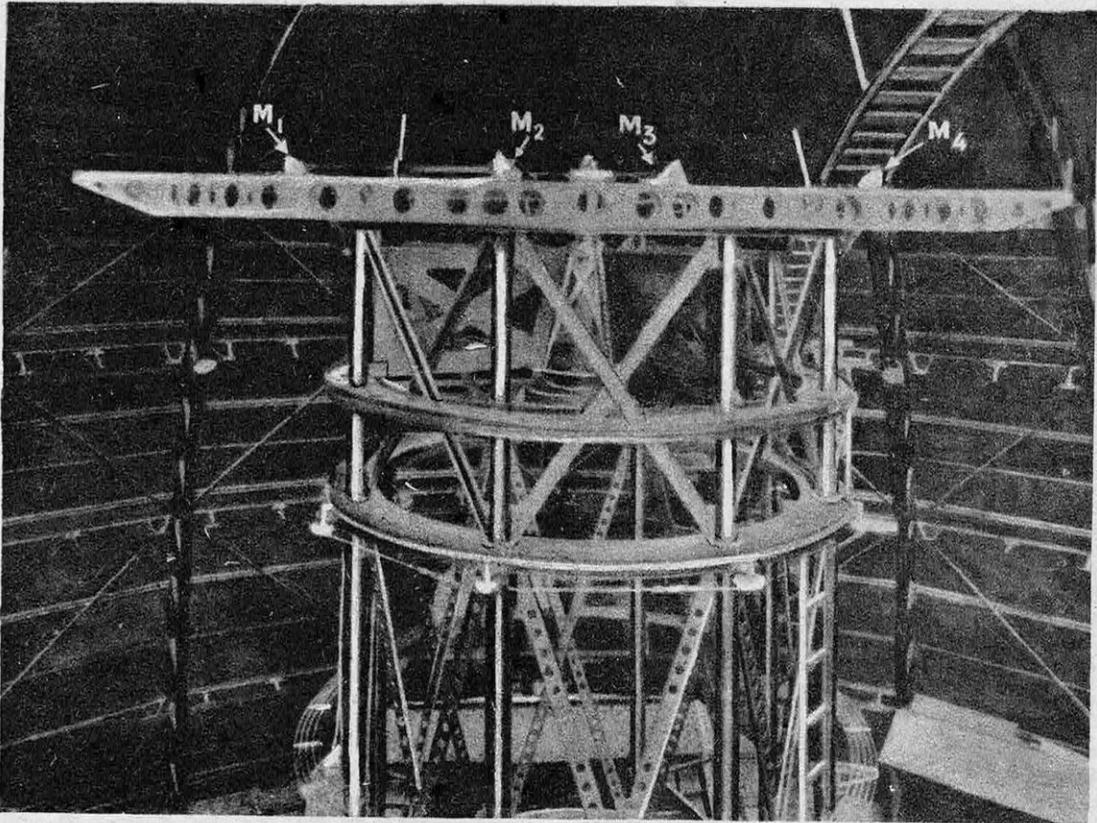


FIG. 7. — L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON MONTÉ A L'AVANT DU TÉLESCOPE DE 2,50 M DU MONT WILSON

tat ne nous surprend pas, puisqu'on calcule que l'écartement de 80 cm ne peut faire disparaître les franges que pour des astres ayant un diamètre apparent supérieur à 0,2 s d'arc, valeur supérieure, on le sait maintenant, à l'angle sous lequel apparaît n'importe quelle étoile. De même, les franges restent nettes pour toutes les étoiles lorsqu'en les observant avec le télescope Hooker du mont Wilson on réalise un écartement de 2,50 m entre les deux ouvertures, ce qui démontre que les diamètres apparents des étoiles sont toujours inférieurs à 0,05 s.

Le physicien américain Michelson a eu l'idée originale de réaliser un dispositif, qui équivaut à obtenir un écartement des deux trous supérieur au diamètre de l'objectif utilisé : la lumière de l'étoile est reçue sur deux miroirs plans, dont l'écartement peut être bien supérieur au diamètre de l'objectif, puis elle est renvoyée sur deux autres miroirs plans placés directement devant l'objectif et enfin dans l'objectif, suivant le schéma indiqué par la figure 6. Ainsi, les miroirs dévient deux fois, à angle droit, le trajet des rayons, mais la visibilité des franges dépend de la distance qui sépare les deux premiers miroirs atteints par la lumière et non de celle des seconds. L'expérience consiste à déterminer pour quelle distance les franges

disparaissent. Les trajets doivent être symétriques par rapport à l'axe optique du télescope. On conçoit que la réalisation de l'expérience soit extrêmement délicate et demande une grande habileté. Dans la pratique, les deux miroirs centraux sont fixes et les deux miroirs externes sont montés sur des chariots qui se déplacent sur un banc d'optique, long de 6 m, fixé à la partie supérieure du télescope. C'est le montage qu'on a réalisé avec le télescope de 2,50 m du mont Wilson (fig. 7). Notons que l'on n'a pas employé ce télescope pour profiter de son ouverture, puisque la lumière ne pénètre à son intérieur que par deux zones étroites, mais parce qu'il était le seul à disposer d'une monture capable de supporter sans inconvénient une lourde surcharge.

La figure 8 montre l'aspect des franges obser-

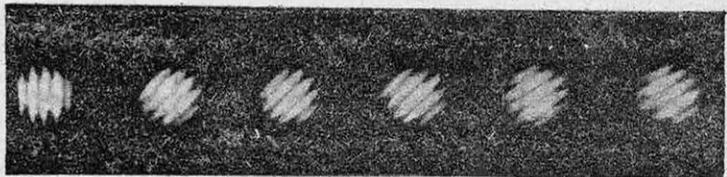


FIG. 8. — ASPECT DES FRANGES OBSERVÉES AVEC L'INTERFÉROMÈTRE

On montre ici les franges obtenues avec deux étoiles artificielles de même éclat. A gauche, les franges sont exactement superposées. Elles sont progressivement décalées quand on va vers la droite et deviennent moins visibles

vées. Même avec la séparation de 6 m, elles ne disparaissent que pour quelques étoiles et ainsi la méthode interférométrique n'a été appliquée qu'à une dizaine d'étoiles.

Un autre montage avec un banc d'optique long de 16 m a été préparé au mont Wilson, mais il semble n'avoir pas été utilisé jusqu'ici ou, du moins, on n'a pas encore publié de mesures qu'il aurait permis d'obtenir (1).

Deuxième méthode : étude des occultations d'étoiles par la Lune

En tournant autour de la Terre, la Lune nous cache une portion du fond du ciel, qui varie chaque soir. Bien entendu, c'est le disque entier de la Lune qui cache le fond du ciel, et non pas seulement la portion éclairée par le Soleil. (Rappelons, à ce sujet, que le poète anglais Coleridge décrit, dans une poésie célèbre, un paysage où il y aurait « une étoile entre les cornes de la Lune » ; c'est un exemple tout à fait caractéristique des « erreurs astronomiques » que l'on rencontre parfois dans la littérature.) Certaines étoiles ou planètes peuvent donc être occultées par la Lune. Pendant l'année 1947, les occultations n'ont intéressé que des étoiles relativement faibles ; la seule occultation remarquable, visible en France, a été celle de la planète Mars, le 15 juillet.

Depuis longtemps, les astronomes observent les occultations : à l'instant précis d'une occultation, au moment où une étoile disparaît der-

(1) L'interféromètre stellaire a servi également à résoudre des étoiles doubles trop serrées pour être séparées directement avec le télescope. On a imaginé pour cela un type spécial d'interféromètre, dans lequel l'axe joignant les deux ouvertures peut tourner. Quand cet axe est amené parallèlement à la droite joignant les deux étoiles, on cherche la distance des ouvertures pour laquelle les franges sont les moins visibles (elles ne disparaissent que si les deux composantes ont même intensité) ; on détermine ainsi la séparation angulaire des deux étoiles. On a étudié, par exemple, par cette méthode le mouvement des composantes de l'étoile double *Capella* (Alpha du Cocher).

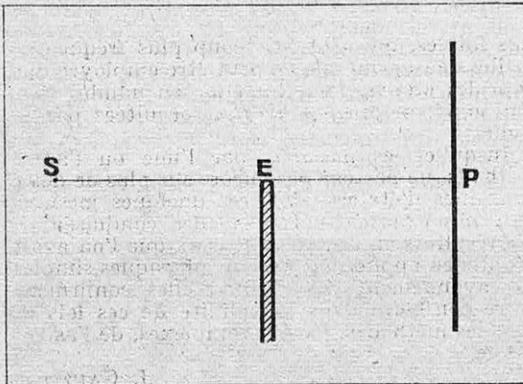


FIG. 9. — COMMENT ON OBSERVE LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE PAR LE BORD RECTILIGNE D'UN ÉCRAN

La source S éclaire la plage P ; l'écran E, à bord rectiligne, porte ombre sur P. Les franges de diffraction sont observées sur P, au voisinage de la droite SP.

rière la Lune, la position de notre satellite est très bien connue, puisque son disque se trouve juste sur une étoile, de position bien déterminée ; ceci permet de mesurer avec précision la position de la Lune sur la voûte céleste, qui est difficile à mesurer directement à cause de son mouvement rapide. Des travaux importants, ayant pour base les observations d'occultations, ont été réalisés pour étudier le mouvement de la Lune qui est très complexe (1).

Voyons maintenant comment l'étude de ces occultations est capable de nous renseigner sur les diamètres des étoiles.

Rappelons d'abord que l'on avait proposé, autrefois, de déterminer les diamètres angulaires des étoiles en mesurant l'intervalle de temps nécessaire pour qu'une étoile disparaisse derrière le disque de la Lune. Mais cette méthode admettait que l'on a réellement une ombre géométrique, celle qui serait observée si les rayons lumineux se propageaient rigoureusement en ligne droite, ce qui est faux, nous l'avons déjà dit. A cause de la nature ondulatoire de la lumière, le bord de l'ombre est compliqué par des effets de diffraction, et l'astronome anglais Eddington a montré que tout se passe comme si les étoiles ponctuelles avaient un diamètre angulaire de 0,008 s d'arc. On ne peut donc pas se contenter de raisonner sur l'ombre géométrique ; mais précisément M. Arnulf, professeur à l'Institut d'Optique de Paris, a montré, le premier, que l'on peut profiter des effets de diffraction pour déduire les diamètres des étoiles occultées.

Prenons d'abord le cas simple de l'ombre portée par un écran à bord rectiligne sur une plage éclairée par une source ponctuelle (fig. 9). C'est un problème bien connu des physiciens. D'après l'optique géométrique, l'éclaircissement de l'écran d'observation subit une brusque discontinuité ; tous les points situés dans l'ombre géométrique ne devraient recevoir aucune lumière, tandis que tous les points situés en dehors de l'ombre géométrique devraient être également éclairés. En réalité, il n'y a pas de discontinuité ; l'éclaircissement ne décroît que graduellement vers la région de l'ombre et il passe par une série de valeurs maxima et minima du côté éclairé, de sorte que l'ombre est bordée d'une série de bandes lumineuses, ou franges, qui sont colorées lorsqu'on opère en lumière blanche. Nous n'observons pas ces effets de manière courante, parce que, d'une part, ils ne sont visibles que dans une région très étroite du bord de l'ombre, et, d'autre part, parce qu'ils ne peuvent être observés que lorsque la source est à peu près ponctuelle. Précisons le premier point : si la source lumineuse ponctuelle est placée très loin et si la distance de l'écran opaque à l'écran d'observation est 1 m, tous les effets de diffraction ne sont visibles que dans une étroite région, large à peine de quelques millimètres. Il est bien évident, par ailleurs, que, si la source n'est pas ponctuelle, chacun de ses points donne des effets de diffraction et l'ensemble est noyé dans une pénombre. De manière précise (fig. 10), lorsque la source est ponctuelle, l'éclaircissement part d'une valeur nulle pour un point situé nettement dans l'ombre, a une valeur quatre fois plus faible qu'en pleine lumière à l'endroit précis qui correspondrait à l'ombre géométrique idéale et n'atteint une valeur constante pour l'éclaircissement en pleine lumière

(1) Sur le mouvement de la Lune, voir *Science et Vie*, n° 216, juin 1935, p. 453.

qu'après quelques oscillations, rapidement atténuées, mais de valeurs bien déterminées. On remarquera qu'en certains points l'éclairement est plus grand que s'il n'y avait pas d'écran, fait qui semble paradoxal, mais qui, prévu par la théorie, a été vérifié par l'expérience. Le caractère des variations d'éclairement dans le cas d'une source lumineuse étendue n'est pas le même que pour une source ponctuelle et il dépend du diamètre de la source d'une manière connue. Il est évident que le problème peut être pris à l'envers, c'est-à-dire que, si l'on observe la variation de l'éclairement au bord de l'ombre, on peut en déduire le diamètre de la source.

Lorsque le bord de la Lune occulte une étoile, on observe, à la surface de la Terre, des effets analogues bien que leur échelle soit incomparablement plus grande. La séparation des franges atteint, en effet, une dizaine de mètres. Malheureusement, ces franges se déplacent à une grande vitesse (1 km par seconde environ), avec l'ombre de la Lune, et sont, par suite, assez difficiles à étudier avec précision. Pour ne pas être gêné par la lumière de la Lune, il convient que les observations soient faites au moment où l'étoile est occultée par le bord obscur de la Lune.

Pour analyser les variations d'éclat de l'étoile au moment de son occultation et réaliser un enregistrement, deux méthodes sont, en principe, possibles : soit la photographie, soit un procédé photoélectrique. Dans le premier cas, on forme, au moyen d'un télescope, l'image de l'étoile sur une plaque photographique animée d'un mouvement uniforme ; on étudie ensuite la traînée obtenue et l'on en déduit la courbe des variations d'intensité par les méthodes ordinaires de la photométrie photographique. Dans le deuxième cas, on reçoit le flux de l'étoile, concentré par un télescope, sur une cellule photoélectrique, combinée à un amplificateur et à un oscillographe.

La technique photographique, connue depuis plus longtemps, est celle qui a été la première employée. C'est donc par photographie qu'Arnulf a réalisé les premières mesures. Elles ont été effectuées à l'observatoire de Meudon, au moyen du télescope de 1 m de diamètre, et de 3 m de distance focale ; Arnulf a réussi à mesurer, en 1933, le diamètre angulaire de l'étoile Régulus (Alpha du Lion) ; il a obtenu la valeur 0,0018 s. Mais les mesures sont difficiles et possibles seulement sur des étoiles brillantes.

Les astronomes américains du mont Wilson, Whitford en particulier, emploient la méthode photoélectrique : ils peuvent monter, au foyer du télescope de 2,50 m de diamètre, une cellule très sensible, dont le courant, fortement amplifié, vient agir sur un oscillographe cathodique. Les oscillations du spot lumineux sur l'écran de l'oscillographe sont cinématographiées. Après quelques tentatives faites avant la guerre au moyen d'un dispositif dont la sensibilité était insuffisante, Whitford a maintenant réalisé un montage satisfaisant et il a obtenu ainsi plusieurs déterminations précises des diamètres stellaires.

Tandis que la première méthode (interférométrie) n'est applicable qu'à des étoiles géantes, la deuxième permet d'atteindre des diamètres

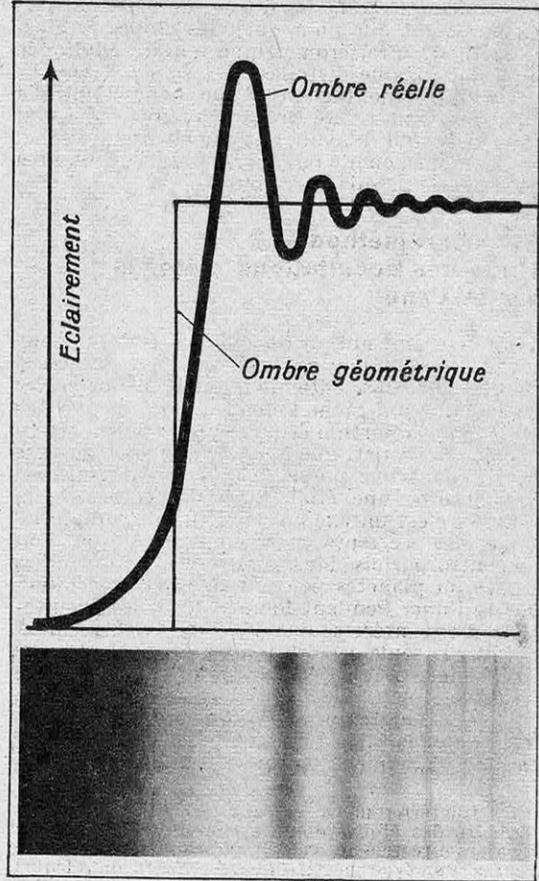


FIG. 10. — DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE PAR LE BORD RECTILIGNE D'UN ÉCRAN

La figure montre, en bas, les franges observées. Au-dessus, nous voyons, d'une part, comment l'éclairement varierait si l'on avait une ombre géométrique rigoureuse et, d'autre part, la variation réellement observée. Cette figure correspond au cas où la source est ponctuelle ; si la source a un diamètre notable, la courbe d'éclairement est modifiée.

très faibles, qui sont beaucoup plus fréquents ; malheureusement elle ne peut être employée que pour les étoiles, relativement peu nombreuses, qui sont, un jour ou l'autre, occultées par la Lune.

Jusqu'ici les mesures, par l'une ou l'autre méthode, ne portent pas encore sur plus de deux douzaines d'étoiles. Mais ces quelques mesures sont importantes, parce qu'elles conduisent à des résultats en accord avec ceux que l'on avait déduits en appliquant des lois physiques simples au rayonnement des étoiles ; elles confirment notre confiance dans la validité de ces lois et dans les méthodes, parfois complexes, de l'astronomie.

J. GAUZIT

LE SAPHIR SYNTHÉTIQUE

par A. ESME



Fig. 1. — Les paliers de saphir terminés

La trame du tissu sur lequel sont posées ces pièces minuscules donne une idée de leurs dimensions

LES corps de grande dureté mécanique jouent dans l'industrie un rôle qui n'a fait que croître et se diversifier depuis cent cinquante ans, à mesure qu'on a cherché à usiner à une vitesse toujours plus grande les métaux ou les alliages de plus en plus résistants, le verre, le quartz, à façonner la pierre, à exécuter des forages dans le sol et qu'il a fallu pour cela des outils de grande dureté. Il n'est pas jusqu'au travail des matières plastiques qui ne fasse appel à ces corps durs, par exemple pour la fabrication de filières dont l'usure est beaucoup moins rapide que celle des filières en acier. Les corps durs servent d'abrasifs pour polir les pièces de précision. Dans la fabrication des instruments de précision tels que montres, compas, etc., il est nécessaire que les organes tournants ou oscillants soient montés sur des paliers pratiquement inusables malgré la petitesse des surfaces de frottement.

Les corps ont été classés dans l'ordre de leur dureté, les plus durs servant à travailler les autres, dont certains peuvent à leur tour servir d'outils pour d'autres fabrications. L'échelle de Mohs est l'un de ces classements empiriques : elle range les corps qualitativement par ordre de dureté croissante, les plus durs rayant les plus mous, et elle définit dix corps de référence auxquels elle affecte arbitrairement des indices de 1 à 10, ce qui permet de ranger rapidement un corps donné sur l'échelle, en indiquant entre quels indices est comprise sa dureté (1). Ne nous

(1) Voici les dix indices de référence de l'échelle de Mohs : talc, 1 ; gypse, 2 ; calcite, 3 ; fluorine, 4 ; patite, 5 ; orthose, 6 ; quartz, 7 ; topaze, 8 ; corindon, 9 ; diamant, 10.

Les pierres précieuses ont été pendant longtemps un défi aux chercheurs qui, s'ils connaissaient leur composition chimique, ne savaient pas reproduire les conditions de température et de pression tout à fait exceptionnelles dans lesquelles elles se sont formées au sein de la Terre. Aujourd'hui, les savants sont parvenus à reproduire la plupart des gemmes, parfois seulement à l'état de poussière microscopique comme pour le diamant. Mais, dans certains cas, comme dans la synthèse du saphir, ils ont fait mieux que la nature en produisant des pierres aussi pures, mais plus grosses. Pourtant le principal débouché des saphirs artificiels n'est pas la joaillerie, mais l'industrie qui consomme une quantité toujours croissante de corps très durs pour la fabrication des outils et des instruments de précision.

occupons que de la partie supérieure de cette échelle : les quatre corps durs qui sont le plus généralement employés dans l'industrie, sont : le diamant, le plus dur de tous les corps (dureté 10) ; le carbure de bore (B_4C , dureté comprise entre 9 et 10) ; le corindon et ses variétés colorées : rubis et saphir (alumine cristallisée Al_2O_3 , dureté 9) et enfin le carbure de tungstène (CW , dureté comprise entre 8 et 9).

Le diamant, étant le plus dur de tous les corps, sert évidemment à travailler tous les autres ou à fabriquer les outils qui les façonnent. Avec la course aux armements et la guerre, sa demande a crû au point que 80 % de la production de diamant brut passe aux usages industriels, ce qui a d'ailleurs permis de régulariser le marché des diamants de joaillerie dont les cours avaient dû, pendant une certaine période, être maintenus artificiellement. La demande a même crû au point de dépasser la production et, comme la synthèse du diamant (réalisée par Moissan) ne fournit que des cristaux microscopiques, il a fallu employer les autres corps durs.

Ceux-ci se sont partagé le champ des applications possibles, compte tenu de leurs qualités, de leurs défauts propres à chaque utilisation, et aussi de leur prix de revient. Le carbure de bore et le saphir sont plus durs, mais aussi un peu plus fragiles que le carbure de tungstène. Le saphir ne peut pas être moulé ni soudé, et même le saphir synthétique reste de taille plus petite que les pièces que l'on peut réaliser avec les carbures métalliques. Dans la construction des outils, il ne peut pas être fixé par soudure. Dans un assez grand nombre d'applications, il est plus cher que les carbures, mais, pour d'autres

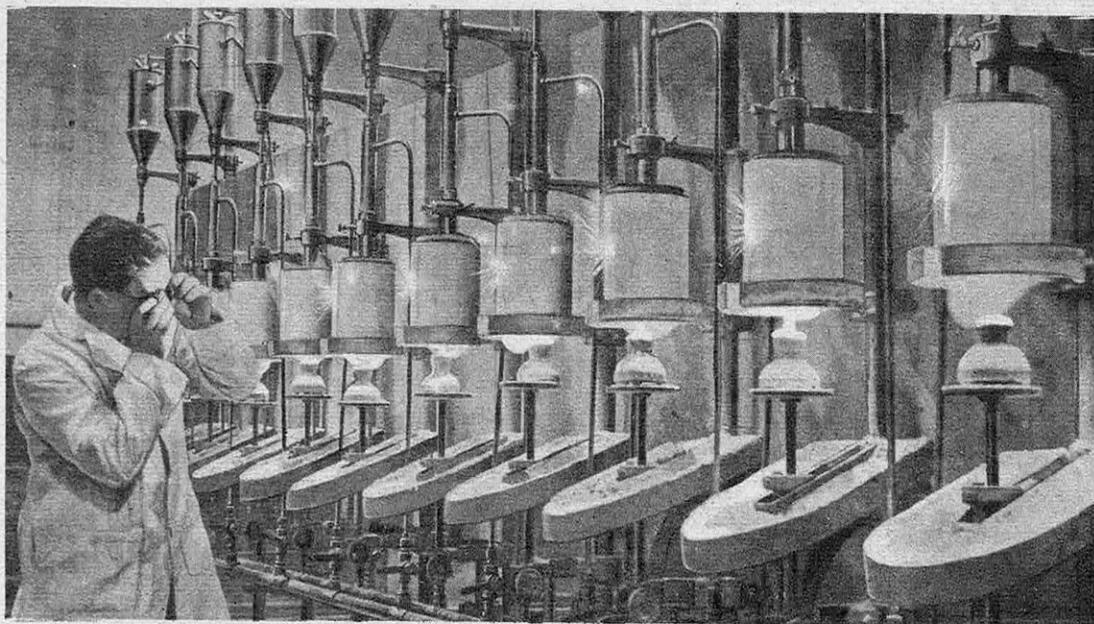


FIG. 2. — LA FABRICATION DU SAPHIR ARTIFICIEL DANS UNE USINE ANGLAISE

La technique de cette fabrication a été introduite peu avant la guerre en Angleterre avec l'aide des industriels suisses. On reconnaît sur cette photographie tous les éléments du réacteur Lebaron (fig. 4). L'opérateur surveille la formation des cristaux à travers des lunettes noires qui le protègent contre la lumière éblouissante de la flamme. En cinq heures, on forme dans ces fours une boule de saphir de 300 carats (60 g environ).



FIG. 3. — LES DIVERSES PHASES DU DÉCOUPAGE D'UNE GEMME DE SAPHIR ARTIFICIEL

A gauche, la gemme fendue en deux portions suivant sa longueur est scellée sur un support rectangulaire qui sera débité en même temps qu'elle par la scie. A droite, les morceaux obtenus par le premier passage à la scie sont placés sur un autre support pour être débités en petites barres. Les barres sont à leur tour transformées en parallélépipèdes à base carrée, et enfin (fig. 5) une meule leur donne une forme cylindrique.

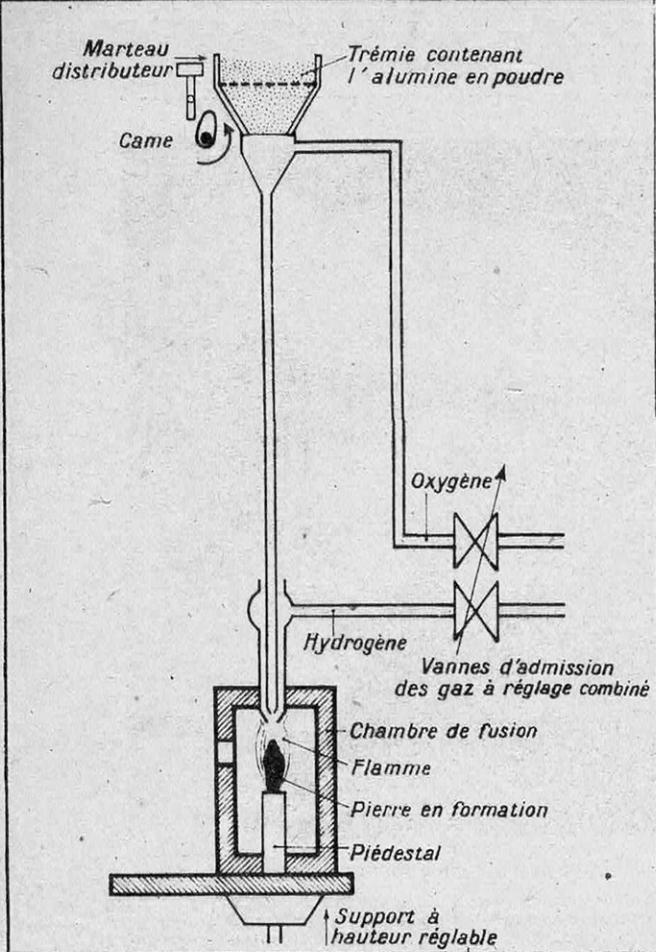


FIG. 4. — COUPE SCHEMATIQUE D'UN RÉACTEUR LEBARON POUR LA FABRICATION DE SAPHIRS SYNTHÉTIQUES AU CHALUMEAU OXYDRIQUE

La poudre d'alumine tombe de la trémie sous l'action du marteau distributeur et vient fondre, puis cristalliser dans la partie la plus chaude de la flamme où se développe la pierre. On abaisse le support du piédestal à mesure que la pierre se développe.

applications, il est au contraire meilleur marché.

Le saphir est, comme nous l'avons dit, une variété du corindon ou alumine cristallisée. C'est une substance de densité 3,9 à 4,2, très transparente et d'indice de réfraction égal à 1,76 (nettement inférieur à l'indice du diamant qui est compris entre 2,45 à 2,48). Le saphir et le rubis ne diffèrent du corindon que par leur coloration, due à certains oxydes métalliques dissous dans l'alumine. Tous trois cristallisent dans le système rhomboédrique.

Saphir naturel et saphir synthétique

Le saphir est très anciennement connu comme pierre précieuse et on le trouve à l'état naturel dans des éboulis, dans le sable de certains fleuves, dans des roches volcaniques. Ses principaux gisements se trouvent aux Indes, à Ceylan, en Birmanie, en Australie, au Siam, aux États-Unis et dans l'Oural. Mais ses applications seraient certainement restées cantonnées à la joaillerie si on n'avait pas mis au point un procédé de synthèse qui permet d'obtenir, à un

prix abordable, des pierres plus grosses que les pierres naturelles.

Nous décrivons la fabrication du corindon synthétique ou « saphir blanc ». La coloration de la pierre est secondaire du point de vue industriel, la teinte n'ayant d'intérêt que pour classer ou discriminer les pierres, ce qui peut parfois présenter un certain intérêt (1).

Les premiers corindons synthétiques ont été fabriqués à peu près à la même époque où Moissan réalisa la synthèse du diamant, par Gaudin, Ebelman, Freymy et surtout Verneuil. Tout comme le diamant de Moissan, les rubis de Freymy et les saphirs de Verneuil étaient microscopiques. Peu à peu, cependant, les méthodes se perfectionnèrent et des pierres de plus en plus grosses purent être obtenues.

On a essayé plusieurs procédés pour la fabrication des saphirs synthétiques : l'un d'eux consiste à dissoudre à une température convenable, dans un corps étranger, la substance minérale qui constituera la pierre, et à chauffer la solution jusqu'à la volatilisation partielle ou totale du solvant. C'est la méthode qu'employait Ebelman avec l'acide borique ou phosphorique comme solvant.

Mais la méthode la plus employée est celle qu'avait imaginée Verneuil et que l'on a perfectionnée depuis lors. Elle consiste à faire fondre et à recristalliser l'alumine préalablement purifiée.

La purification s'effectue en transformant l'alumine en alun ammoniacal (2) et en prati-

(1) Les colorants utilisés pour teinter les saphirs synthétiques sont les sels de cobalt, mais parfois aussi l'oxyde noir de cuivre ou le nitrate de nickel.

(2) On obtient l'alun ammoniacal $(\text{SO}_4)_2\text{Al}_2 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ en traitant l'alumine blanche hydratée par l'acide sulfurique et en neutralisant à l'ammoniaque un excès d'acide libre en proportion convenable par rapport au sulfate d'alumine.

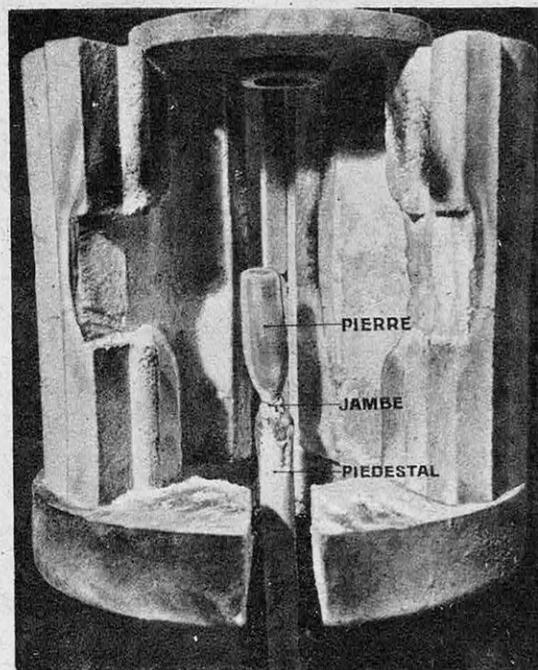


FIG. 5. — UNE PIERRE DE SAPHIR SYNTHÉTIQUE OBTENUE AU RÉACTEUR LEBARON EN COURS DE REFROIDISSEMENT



FIG. 6. — LA PREMIÈRE PHASE DE LA FABRICATION D'UN PALIER DE SAPHIR POUR INSTRUMENT DE PRÉCISION

Le petit parallépipède à base carrée est solidement maintenue entre deux pièces tournantes portées par des mandrins. Pendant qu'il tourne autour d'un axe rigoureusement constant, une meule use sa surface latérale et le transforme en un petit cylindre, dans lequel une autre machine (fig. 7) percera un évidement conique où viendront s'insérer les pivots des instruments.

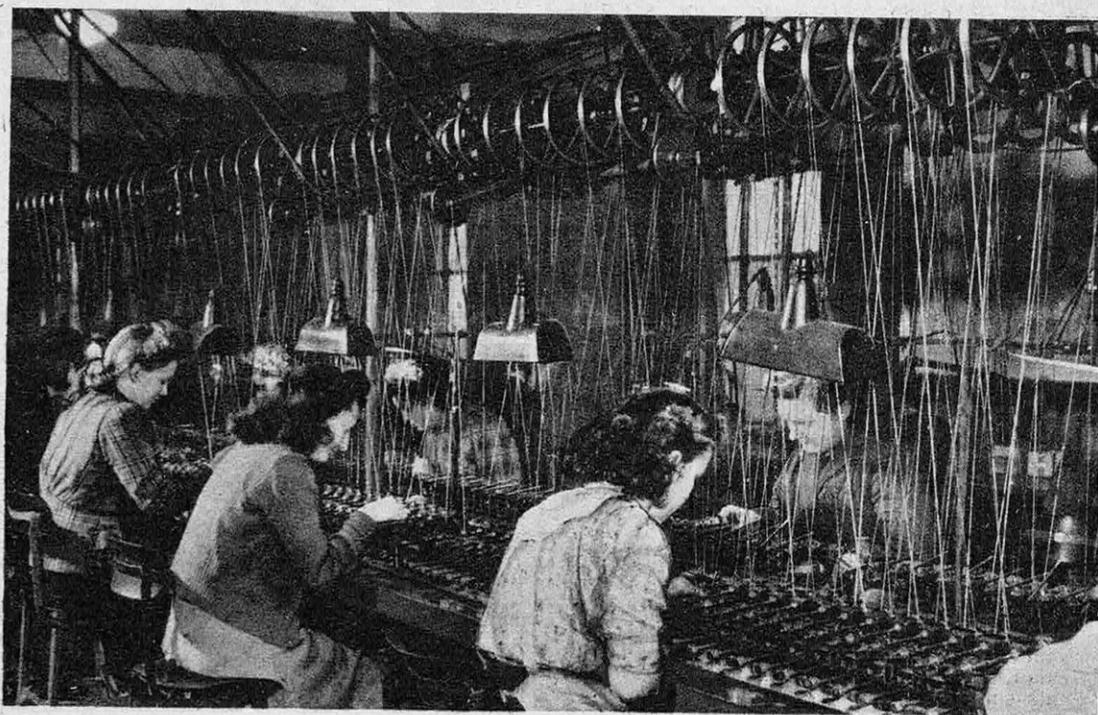


FIG. 7. — LE FORAGE DES ÉVIDEMENTS CONIQUES DANS LES PALIERS D'INSTRUMENTS DE PRÉCISION

quant sur ce dernier des cristallisations successives : les cristaux d'alun sont d'autant plus purs qu'ils se forment plus lentement. L'alun est calciné dans des creusets (quartz, terre réfractaire), pulvérisé et mélangé, le cas échéant, aux substances colorantes. La poudre est introduite dans une petite trémie d'où elle s'écoule de façon réglable dans la flamme d'un chalumeau (fig. 4 et 5) où elle se trouve portée, en milieu non réducteur, à une température très élevée. C'est dans la partie la plus chaude de la flamme que, portée à l'état liquide, elle entre en contact avec un cristal en formation fixé sur un support réglable et cristallise à son tour.

La distribution de la poudre d'alumine est assurée par des chocs répétés et réglés d'un petit marteau. Le réglage de la hauteur du support de la pierre, de la quantité d'alumine distribuée, sont des opérations délicates qui demandent une grande habileté de l'opérateur.

La pierre se forme sur un « piédestal » formé d'alumine partiellement fondue et cristallisée, adhérente au support. Elle commence par une partie amincie ou « jambe », en alumine cristallisée, qui relie le piédestal au corps de la pierre (fig. 5). Le tour de main qui caractérise l'ouvrier habile permet de réduire au minimum la dépense de poudre nécessaire au montage de la jambe. Une pierre bien réussie est homogène en aspect et en couleur.

Il existe d'autres procédés d'obtention des hautes températures qui offrent à la synthèse du saphir de nouvelles possibilités : chauffage au four électrique à induction, ou par pertes diélectriques à très haute fréquence, ou enfin par concentration des rayons solaires à l'aide de grands miroirs concaves. On doit éviter la carburation ou la réduction de l'alumine par les matériaux constituant le creuset (condition qui élimine l'arc électrique comme mode de chauffage).

Les usages du saphir synthétique

La pierre obtenue par fusion a la forme d'une bouteille renversée, les couches extérieures étant sensiblement concentriques. Selon sa fabrication elle est plus ou moins longue. Ses caractéristiques principales sont données par la figure 8. Elle résiste parfaitement à l'action de la plupart des composés chimiques : eau (même chaude), acides, alcalis.

Dureté dans l'échelle de Mohs	9
Charge de rupture	45 à 70 kg/mm ²
Résistance à la compression	21 000 kg/mm ²
Coefficient de frottement à sec sur l'acier	0,14
Point de fusion	2 050° C
Densité	3,99

FIG. 8. — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DU SAPHIR SYNTHÉTIQUE

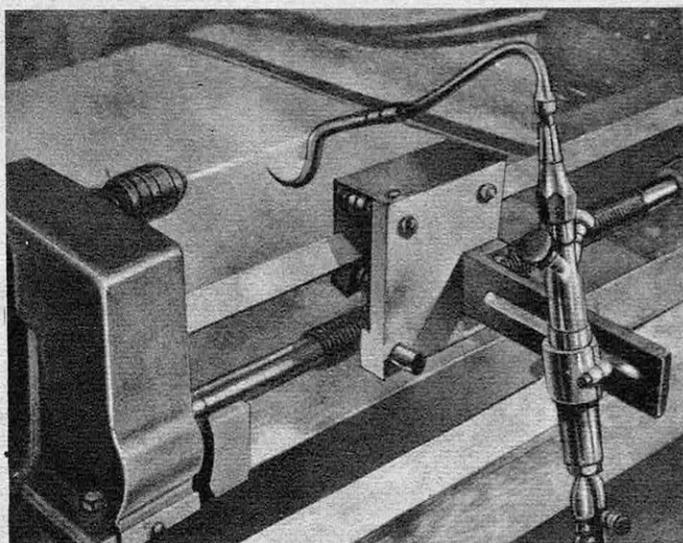


FIG. 9. — UNE NOUVELLE TECHNIQUE DE POLISSAGE DU SAPHIR

Cette barre de saphir synthétique est léchée pendant un temps convenable par une flamme très chaude. Ce traitement fait disparaître les plus petites irrégularités, et la surface paraît parfaitement polie, même si on l'examine à l'aide d'un puissant microscope.

Elle est sciée, rectifiée, polie au diamant.

Les premières utilisations du saphir artificiel aux États-Unis et en Grande-Bretagne ont été la fabrication de paliers pour instruments de précision, la taille de métaux tendres, le polissage des métaux durs, le perçage et le tournage de précision de petites pièces, calibres, touches, la fabrication de filières très résistantes à l'usure. On a même proposé l'emploi de billes de saphir dans la fabrication des nouveaux stylos à bille.

Les figures 2, 3, 6, 7 représentent quelques phases de fabrication des paliers en saphirs pour instruments de précision dans une usine de guerre anglaise.

L'utilisation du saphir pour la fabrication des outils a posé d'ailleurs plus d'un problème technique, dont le moindre n'est pas la fixation de cette pierre sur le matériau de nature différente qui le porte.

Le saphir, étant dense, monocristallin et non poreux, ne saurait être « mouillé » par une soudure ou brasure. On peut soit le sertir en le recouvrant d'un dépôt électrolytique de cuivre ou de nickel, ce qui permet ensuite de le souder, ou le coller à l'aide de colles organiques à base de résines synthétiques ou de colles à l'oxychlorure ou à base de litharge et glycérine.

La fabrication des saphirs artificiels, qui fut à une certaine époque une industrie à peu près exclusivement française, s'était par la suite développée en Suisse. A la faveur de la guerre, les Anglo-Américains ont développé une industrie du corindon artificiel qui est assez prospère.

Sans prétendre à remplacer dans toutes leurs applications le diamant ou les carbures de grande densité, cette substance rendra à l'industrie de précieux services.

A. ESME

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

MUSIQUE PAR LES OMBRES

UN nouvel instrument de musique à cellules photoélectriques, le *Prismatone*, a été inventé par un ingénieur du Connecticut, Leslie Gould. Comme dans les orgues photoélectriques de Toulon, de Spielmann et de Welte, déjà décrites dans *Science et Vie* (1), un faisceau lumineux est modulé au moyen d'un disque tournant qui porte des « pistes » transparentes correspondant

(1) Voir *Science et Vie*, n° 207, septembre 1934, p. 196, et n° 241, juillet 1937, p. 28.

aux différentes fréquences musicales contenues dans la gamme (25 pistes pour deux octaves). Mais, au lieu qu'un clavier commande des obturateurs masquant des cellules photoélectriques placées en regard de chacune des pistes, le faisceau est projeté sur un écran, sur lequel apparaissent, juxtaposées en une bande horizontale, autant de taches lumineuses que le disque comporte de pistes. Le disque comporte de pistes. Des couleurs différentes servent à repérer commodément les notes. L'exécutant est muni de deux baguettes dont l'extrémité contient une cellule photoélectrique, et qu'il déplace devant ce « clavier » lumineux de manière que

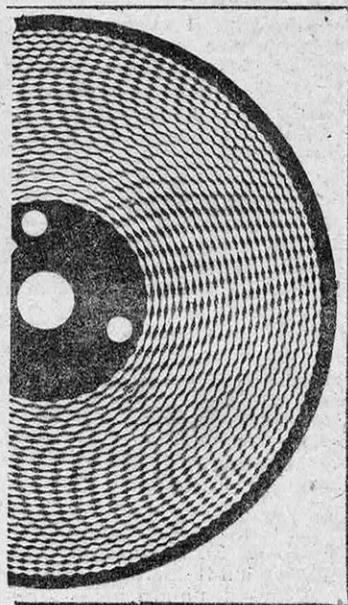


FIG. 2. — LE DISQUE EN MATIÈRE PLASTIQUE TRANSPARENTE SUR LEQUEL FIGURENT LES « PISTES SONORES » DU « PRISMATONE »

Les pistes sonores sont reproduites sur ce disque par un procédé photographique, d'après un modèle dessiné à la main. Une marge est réservée pour permettre l'entraînement et le réglage de la vitesse au moyen d'une roue caoutchoutée roulant sur le bord du disque.

les ombres se projettent sur les taches correspondant aux notes à obtenir. Les cellules sont reliées, par l'intermédiaire des amplificateurs nécessaires, à un haut-parleur traduisant en sons les courants modulés par les cellules. Deux notes simultanées peuvent donc être obtenues, une pour chaque baguette.

On peut imaginer un système de filtres ou de circuits résonateurs donnant des timbres différents par suppression ou renforcement de certaines harmoniques (1).

En faisant tourner les ba-

(1) Voir : « Les grandes orgues et l'électricité » (*Science et Vie*, n° 354, mars 1947).

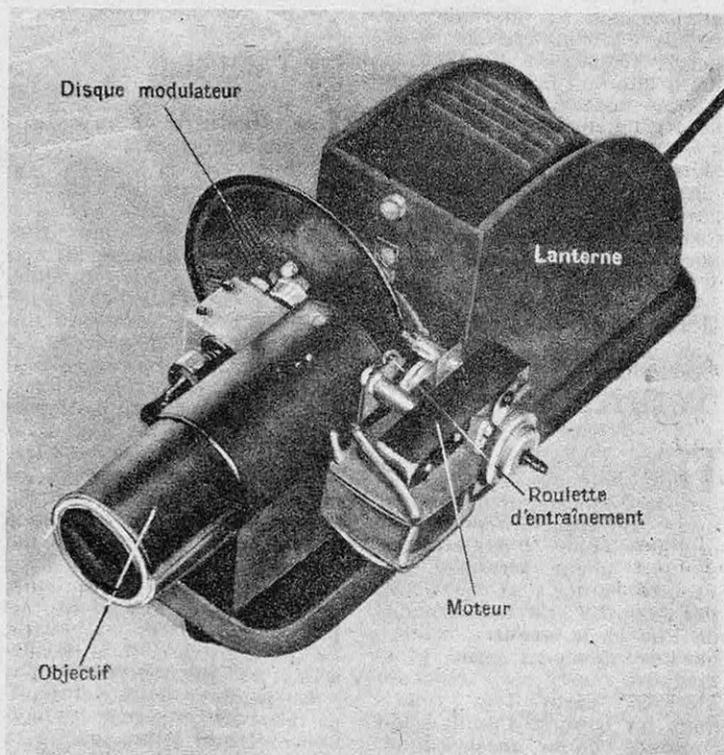


FIG. 1. — L'APPAREIL DE PROJECTION DU « PRISMATONE », INSTRUMENT DE MUSIQUE A CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

Les pistes sonores défilent, au cours de la rotation du disque, devant une fente éclairée par la lanterne; leur image est projetée par l'objectif sur un écran, où elles forment une série de taches d'éclaircissement modulé à des fréquences musicales, suivant la forme des pistes.

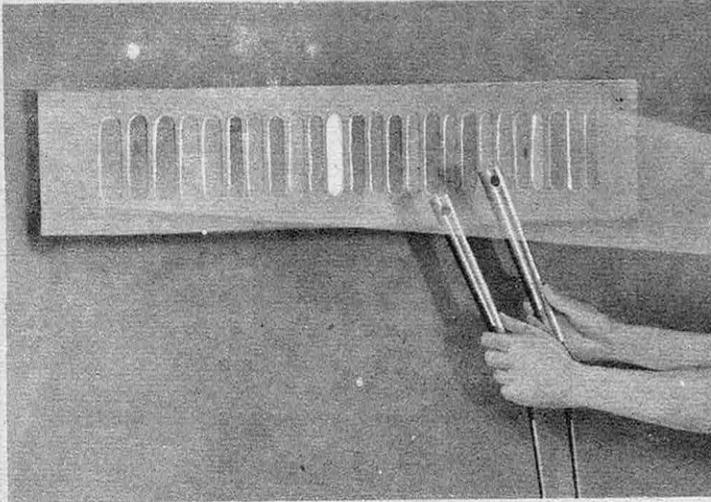


FIG. 3. — L'EXÉCUTION D'UN MORCEAU DE MUSIQUE AU MOYEN DE L'APPAREIL « PRISMATONE »

L'exécutant déplace deux baguettes, contenant chacune une cellule photo-électrique, dans le faisceau lumineux dont les différentes parties sont modulées en fréquences musicales. La coloration de la lumière sert à repérer les notes de la gamme. Les courants modulés engendrés par les cellules sont amplifiés et appliqués à un haut-parleur.

guettes entre les doigts, on peut régler la quantité de lumière parvenant à chaque cellule de manière à obtenir pour chaque note l'intensité désirée et même un effet de *vibrato*.

L'accord de l'instrument est obtenu en faisant varier la vitesse de rotation du disque. Sur l'instrument original, le disque est entraîné par un moteur électrique de phonographe dont l'axe est placé perpendiculairement au sien, et qui l'attaque au moyen d'une roue caoutchoutée roulant sur son bord : la vitesse est alors réglée en éloignant ou en rapprochant de l'axe du disque le point de contact de cette roue caoutchoutée.

Dans un salon, l'aspect original et quelque peu mystérieux de cet instrument ajoute certainement à ses qualités artistiques pour faire apprécier des auditeurs les morceaux exécutés.

On peut le comparer à un *xylophone électrique* qui avait été présenté à l'Exposition de New York en 1939 (1). Dans cet instrument, à percussion sur lames métalliques, les marteaux étaient actionnés par des relais électromagnétiques commandés chacun par une cellule photoélectrique. C'est

(1) Voir : « Le xylophone électrique » (*Science et Vie*, n° 268, oct. 1939, p. 327).

en braquant sur la rangée de cellules la lumière de deux petits projecteurs tenus à la main que l'on faisait fonctionner les marteaux, ce qui donnait évidemment, pour les « roulades » de notes consécutives, une vitesse incomparable qui est également l'apanage du « Prismatone ». Ce dernier a l'avantage d'une remarquable simplicité.

UNE CENTRALE AU CHLORURE D'ÉTHYLE

DANS l'île d'Ischia, dans la baie de Naples, est en fonctionnement une usine thermique de conception originale pour l'exploitation de la chaleur terrestre. La « source chaude » est constituée par l'eau des sources thermales de l'île et la « source froide » par l'eau de mer. L'agent intermédiaire est le chlorure d'éthyle, corps très volatil dont on connaît l'application courante comme anesthésique. L'eau chaude est pompée dans un tank où se trouve le « bouilleur » contenant de l'eau distillée. Du chlorure d'éthyle est injecté dans ce récipient où il s'évapore rapidement, et la vapeur, entraînant une faible

quantité de vapeur d'eau, est amenée à une turbine qu'elle entraîne à faible vitesse. Elle est condensée dans un condenseur à surface alimenté par de l'eau de mer, et le chlorure d'éthyle est réinjecté dans le cycle. La température du bouilleur est de 55° C et celle du condenseur de 25° C. La proximité des sources thermales et de la mer permet de réduire au minimum la longueur des canalisations et la puissance absorbée par les auxiliaires. La puissance utile développée serait de 300 kW. L'usine est entièrement automatique et pourrait fonctionner indéfiniment sans intervention humaine, et naturellement sans alimentation en combustible. La quantité de chlorure d'éthyle présente dans le cycle est de 1 500 kg et, la circulation s'effectuant en circuit fermé, on en consomme une quantité négligeable.

L'EXTRACTION DE L'ALUMINIUM A PARTIR DE L'ARGILE

LE minerai dont on extrait habituellement l'aluminium est la *bauxite*, qui n'est autre que de l'alumine impure et qui forme des gisements importants dans plusieurs pays, notamment en France. Mais l'*argile* commune, qui est essentiellement constituée par du silicate d'alumine hydraté, possède également une forte teneur en aluminium, et son exploitation a été envisagée et tentée depuis longtemps dans les pays pauvres en bauxite, comme l'Italie. Elle n'avait toutefois jamais pu être réalisée industriellement jusqu'à présent, car la séparation des impuretés qui accompagnent l'alumine dans l'argile est difficile et coûteuse.

Les États-Unis, dont les propres ressources en bauxite ne couvrent que 70 % des besoins, et qui dépendent par conséquent de leurs communications maritimes avec les pays exportateurs pour une part importante de leurs approvisionnements, se sont attaqués sérieusement au problème de l'extraction de l'aluminium de l'argile en 1942, alors que les sous-marins allemands infestaient la mer des Antilles.

Leurs efforts ont été couronnés récemment par la mise au point d'un procédé qui permet dès à présent — dans une usine-pilote du National Bureau of Standards — d'obtenir de l'aluminium pur à 99,8 % à un prix de revient double, il est vrai, de l'aluminium fabriqué à partir de la bauxite.

Un premier procédé d'extraction par les alcalis, qui utilisait une solution de soude caustique et de chlorure de sodium, et qui avait été utilisé temporairement pendant la guerre, dut être abandonné dès que reprurent les importations normales de bauxite. Le nouveau procédé qui lui succède représente un net progrès à tous points de vue. Son principe est radicalement opposé, puisqu'il réalise l'extraction de l'aluminium en milieu chlorhydrique.

La plus grosse difficulté à vaincre pour l'appliquer venait de l'attaque des parties métalliques du matériel par le chlorure d'aluminium précipité. Ce sel à réaction fortement acide est en effet un puissant corrosif dont les effets étaient responsables pour une large part de l'échec des essais antérieurs. On supprime aujourd'hui toute corrosion en remplaçant les tuyaux et récipients métalliques par des matières plastiques, du verre et des produits réfractaires.

Tel qu'il est actuellement exploité, le procédé est encore loin d'être rentable, mais on s'emploie à le rendre tel en réalisant la récupération de l'acide chlorhydrique et de divers sous-produits et en diminuant la consommation de chaleur et d'énergie.

ACCÉLÉRATION ET FREINAGE AVEC UNE SEULE PÉDALE

« DANS sa précipitation, le chauffeur, croyant freiner, appuya sur la pédale d'accélération... » Cette cause d'accident pourra être évitée grâce à la conjugaison, sur une seule pédale, des commandes du volet du carburateur et des freins. Le conducteur n'aura donc plus à se préoccuper que de deux pédales : celle d'embrayage et celle d'accélération-freinage.

La succession des actions de la pédale suffit à montrer l'ingéniosité du système imaginé par M. Onfroy. Tout d'abord, rien de changé pour le lancement du moteur qui tourne normalement au ralenti, le levier des vitesses étant au point mort.

Pour démarrer, opérations initiales habituelles : débrayer, mettre le levier en première vitesse. Puis, avant d'embrayer, appuyer sur la pédale P (fig. 4 a) jusqu'à mi-course environ, manœuvre qui ne produit aucun effet apparent, mais qui enclenche la commande du volet du carburateur, et laisser remonter la pédale pour accélérer le moteur (fig. d).

Les changements de vitesse s'opèrent normalement, en débrayant et en appuyant sur la pédale pour ralentir le moteur ; la manœuvre du double débrayage s'effectue comme d'ordinaire. La différence avec les opérations habituelles consiste donc en ce que les pédales d'embrayage et d'accélération sont toutes les deux enfoncées ou relevées en même temps ; les mouvements des pieds sont donc les mêmes et plus naturels.

Quant au freinage, il est obtenu pendant la deuxième moitié de la course descendante de la pédale combinée. Ainsi pour arrêter brusquement le véhicule, il suffit, sans déplacer les pieds, d'appuyer à fond sur

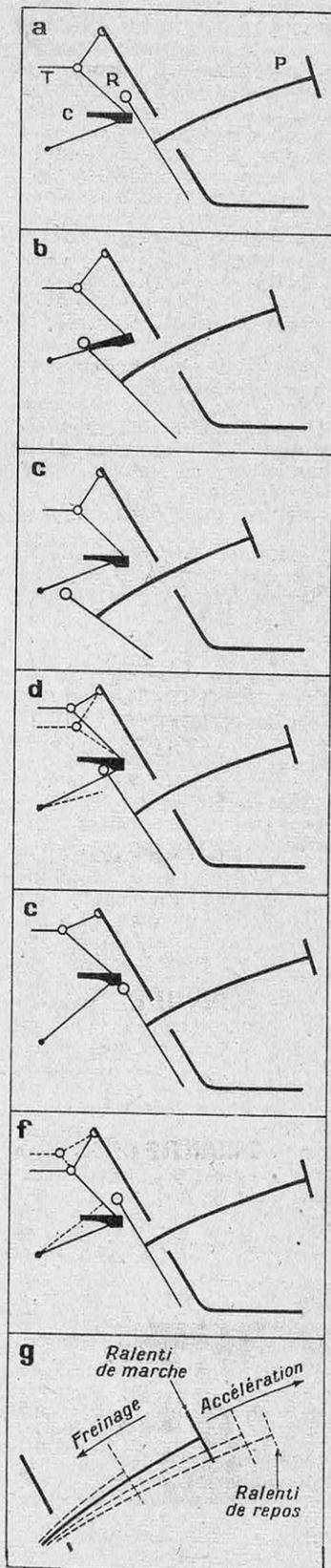


FIG. 4. — DIVERSES ACTIONS DE LA PÉDALE ACCÉLÉRATION-FREINAGE

Lorsqu'on appuie sur la pédale P, la roulette R liée à cette pédale (fig. a) passe au-dessus de la came C qui s'abaisse en pivotant autour de son axe (fig. b). Dès que la roulette a dépassé le bec de la came, celle-ci reprend, sous l'effet de son ressort de rappel, sa position première (fig. c) : le mécanisme est alors enclenché. A partir de cette position, on peut soit freiner en continuant d'appuyer sur la pédale, soit accélérer en relevant la pédale. En effet, en remontant, la roulette passe cette fois sous la came C qu'elle relève, mouvement qu'elle ne peut effectuer qu'en entraînant son axe et la tringlerie T de commande des gaz (fig. d). Si on dépasse la position d'accélération maximum (fig. e) d'une trop grande quantité, ou si la pédale échappe au pied, la roulette revient à sa position primitive (fig. f ou a) et la came également. Le moteur ne tourne plus qu'au ralenti. Pour accélérer à nouveau il sera, dans ce cas, nécessaire d'enclencher de nouveau en revenant à la position C. La fig. g résume les actions de la pédale pendant une course aller et retour.

les deux pédales. On gagne ainsi le temps habituellement nécessaire pour lâcher la pédale de l'accélérateur, changer le pied de pédale et appuyer sur la pédale du frein. A une vitesse de 70 km/h, on peut compter sur un gain d'une quinzaine de mètres pour l'arrêt. Pour la même raison, les reprises sont plus rapides, le pied restant toujours sur la même pédale.

Quant au ralenti « de repos », il s'obtient en lâchant complètement la pédale combinée, ce qui a pour effet de libérer la tringlerie de la commande de l'action de la pédale.

Nul doute que, si une nouvelle adaptation à ce mode de conduite est nécessaire à un conducteur de longue date, l'apprentissage devienne au contraire plus aisé et plus rapide.

Ajoutons que ce dispositif peut être monté sur tous les véhicules à moteur, de tourisme ou industriels.

LA POSE DES FILS TÉLÉPHONIQUES DE CAMPAGNE PAR FUSÉE

UNE tâche très effacée au combat, mais combien dure et importante, est celle des téléphonistes de campagne. Dans de nombreux cas, en effet, la radio ne peut pas être employée, même pour les communications ne nécessitant aucun secret, et c'est au téléphone que l'on doit recourir pour relier, par exemple, une position de batterie à l'observatoire chargé de régler ses tirs (1). Dans l'artillerie légère combattant en première ligne et particulièrement désignée pour remplir des missions rapides, une batterie doit être prête à tirer dans un délai de quelques minutes à peine après l'arrivée sur la position, et c'est en courant que les téléphonistes doivent dérouler la ligne indispensable au déclenchement et au réglage du tir,

(1) Les postes portatifs émetteurs-récepteurs à ondes courtes mis à la disposition des petites unités de combat pour leurs liaisons intérieures ont leur portée limitée en général à la vue directe, et ne peuvent servir si les deux correspondants sont séparés par un « masque » important.



FIG. 5. — FIXATION DES CABLES LÉGERS D'UNE LIGNE DE TÉLÉPHONE DE CAMPAGNE A UNE FUSÉE QUI LUI FERA FRANCHIR 150 M ENVIRON

en franchissant souvent des espaces difficilement praticables et directement exposés au feu des armes portatives de l'ennemi. Dans le cas le plus fréquent, deux « dérouleurs » partent les premiers dans la direction du poste à joindre, par un itinéraire qui n'a pas toujours pu être reconnu à l'avance, suivis de près par les « monteurs » chargés de placer la ligne hors des chemins où elle risquerait d'être coupée par la circulation des véhicules ou de gêner les combattants, et de l'enterrer ou de la surélever aux franchissements de routes inévitables.

La ligne commence généralement à fonctionner aussitôt déroulée, avant que les monteurs aient terminé leur tâche. C'est donc le temps de déroulage des fils qu'il convient de raccourcir si l'on veut diminuer le délai de fonctionnement de la ligne.

A Fort Dix (New-Jersey, U. S. A.), des essais ont été faits pour lancer la ligne au moyen d'une fusée. L'extrémité des fils est attachée au corps de la fusée par deux boucles, l'une autour de l'ogive, l'autre au-dessus de l'empennage. En cas de besoin, on peut tirer la fusée sans lance-fusée, simplement en la plaçant avec son étui d'emballage dans un

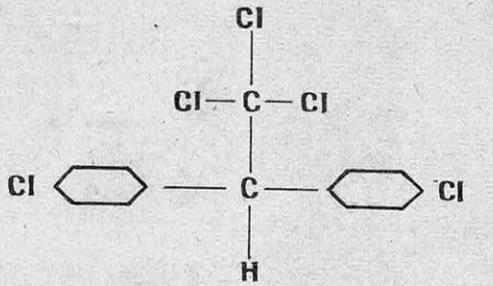
trou creusé en forme de coin à même le sol, et orienté dans le sens voulu. La portée peut atteindre 150 m.

Cette méthode, si rudimentaire soit-elle, fait gagner un temps important dans l'installation du téléphone et permet le franchissement d'obstacles divers : taillis, rivières, etc.

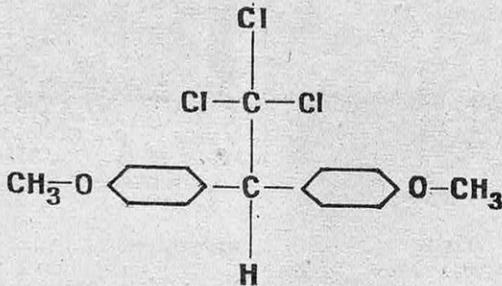
INSECTICIDE DÉRIVÉ DU D. D. T.

QUOIQUE la toxicité du D. D. T. pour les animaux à sang chaud soit très faible (1), certains laboratoires américains se sont attachés à la réduire encore en apportant diverses variantes à la formule chimique de l'insecticide. C'est ainsi que la compagnie Grosselli Chemicals (filiale de Du Pont de Nemours) a annoncé récemment la découverte d'un corps nouveau quatre fois moins toxique pour l'homme et les animaux que les dérivés dinitrés les plus inoffensifs : le bis (méthoxyphényl) trichloréthane, dont la formule ne diffère de celle du

(1) Voir *Science et Vie*, n° 335 (août 1945), p. 65, et n° 346 (juillet 1946), p. 35.



Dichlorodiphényltrichloréthane (DDT)



Bis(méthoxyphényl)trichloréthane

FIG. 6. — FORMULES COMPARÉES DU D. D. T. (DICHLORODIPHÉNYLTRICHLORÉTHANE) ET DU BIS (MÉTHOXYPHÉNYL) TRICHLORÉTHANE

D. D. T. (dichlorodiphényltrichloréthane) que par la substitution de deux groupes « méthoxy » aux atomes de chlore portés par les noyaux benzéniques (fig. 6).

La production industrielle du nouvel insecticide est encore à ses débuts, mais elle doit se développer rapidement, car il est efficace contre certains parasites des fruits qui sont insensibles au D. D. T.

L'ORIGINE DES PÉTROLES

JUSQU'AU début du xx^e siècle, on a attribué au pétrole une origine purement minérale : Berthelot, Mendelejev, Moisson, estimaient qu'il s'était probablement formé au sein de la terre, à partir de carbures métalliques sur lesquels l'eau serait venue réagir à haute température et haute pression. Mais cette théorie est généralement abandonnée aujourd'hui, et c'est une origine

organique que l'on attribue plutôt au pétrole, qui serait le produit de la fermentation ou de la pyrolyse de plantes et d'animaux fossiles (squales et plancton notamment).

Cependant, seule la découverte, dans certains pétroles, de petites quantités d'acides des graisses fournissait un argument sérieux en faveur d'une telle hypothèse, et, depuis de longues années, on cherchait en vain un fait expérimental décisif qui pût la vérifier de façon indiscutable.

C'est un savant français, M. Jean Laigret, qui vient de démontrer le premier que le *Bacillus perfringens* — au moyen duquel il avait déjà obtenu du méthane en le cultivant sur certains milieux — est également capable de produire, par fermentations, des hydrocarbures liquides identiques à ceux du pétrole, dont le processus naturel de formation se trouve ainsi entièrement éclairci.

En effet, lorsqu'une solution de savon ordinaire à base

d'huile d'olive est ensemencée avec le *B. perfringens*, il en résulte, en même temps qu'un dégagement de gaz carbonique, l'apparition d'une couche de liquide noir, non miscible à l'eau et combustible, dont l'analyse révèle qu'il a la composition du pétrole. Il a été possible d'entretenir cette fermentation de façon continue, dans des flacons d'un litre qui produisaient 2 cm³ de pétrole brut par jour, pour un apport de 4 g de savon.

Les conditions naturelles de formation du pétrole ont ainsi été reproduites au laboratoire, et il est démontré expérimentalement qu'il résulte de la fermentation bactérienne de matières organiques grasses.

LEÇONS DE TENNIS PAR RADIO

MR. CHARLES G. LUNGREN met au point à l'Université de Miami un appareil portatif de radiotéléphonie qui doit servir aux moniteurs de tennis pour transmettre leurs observations à leurs élèves sur le court sans qu'il soit nécessaire d'interrompre le jeu. Les élèves sont munis d'un petit appareil récepteur fixé sur leur dos, avec deux écouteurs minuscules analogues à ceux employés pour la prothèse auditive ou encore à ceux récemment mis en service pour les pilotes d'avions (1). L'émetteur, pour lequel il a fallu obtenir les autorisations préalables de construction et d'emploi, fonctionne sur ondes très courtes (27,44 mégacycles ou 10,93 m) avec une puissance de 1 watt.

LE DÉSHÉRBAGE EN AUSTRALIE PAR LES INSECTES FRANÇAIS

IL est des cas où les méthodes habituelles de lutte contre les mauvaises plantes pérennes (labours, alternances de culture, toxiques chimiques) s'avèrent inefficaces. On a souvent pensé à les faire dévorer par des animaux ; malheureusement ceux-ci préfèrent en général les plantes utiles à l'homme :

(1) Voir *Science et Vie*, n° 363, décembre 1947, p. 325.

il faudrait dans chaque cas, trouver un parasite « spécifique » qui ne consomme qu'une espèce nuisible.

C'est ce qu'on est parvenu à trouver pour le millepertuis à feuilles étroites (*Hypericum perforatum*), qui envahit certains pâturages australiens. Des agronomes ont visité les régions où l'extension de cette plante, quoique abondante, se trouve limitée par les parasites. Commencée en Angleterre, cette étude a abouti en France, dans la vallée du Rhône et en Provence, où l'on a trouvé le parasite cherché ; c'est la chrysolème (*Chrysomela* ou *Chrysolina hyperici*), qui, ainsi qu'une espèce voisine, française également, *Chryso-*

mela gemellata, dévore les feuilles et les fleurs de millepertuis.

Les larves d'un coléoptère buprestide rongeur-bois des mêmes régions, *Agrilus hyperici*, perforent de leur côté les racines de la même plante.

Importés en cage, ces insectes sont multipliés à la station entomologique de Bright, dans l'État de Victoria, puis mis en liberté dans les pâtures « hyper-hypéricinées », c'est-à-dire où le millepertuis est en grand excédent, et où l'on cherche à le remplacer par un mélange de trèfle et de graminées.

C'est ainsi que trois espèces d'insectes français sont en train de « nettoyer » de millepertuis un demi-million d'hectares.

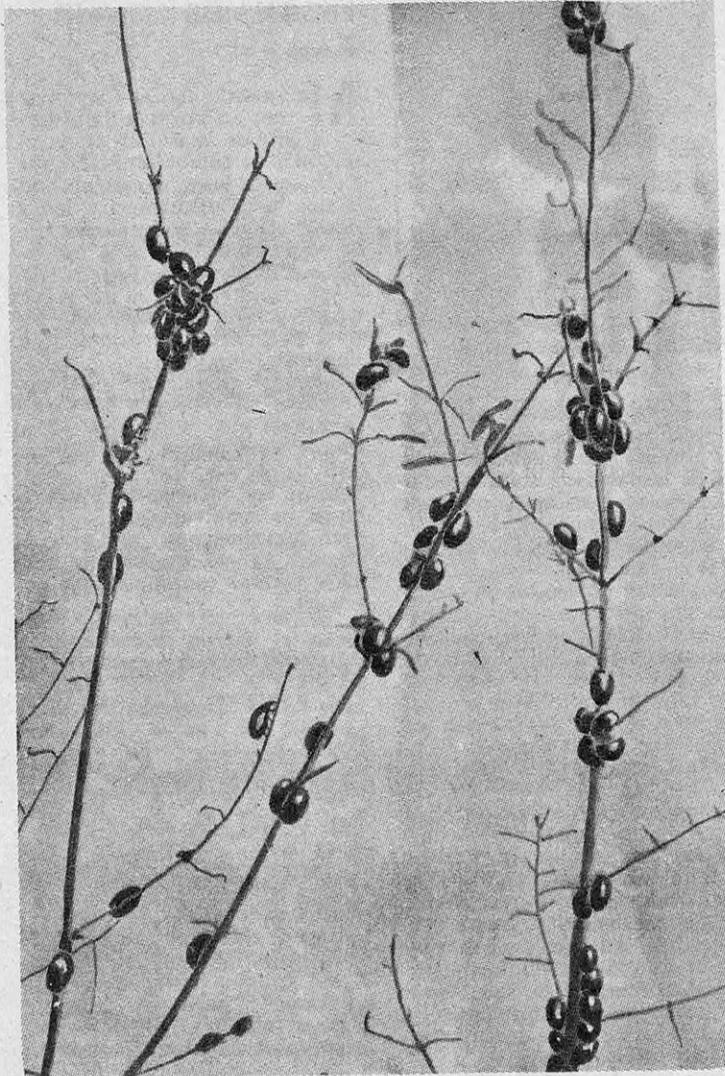


FIG. 7. — MILLEPERTUIS RONGÉ PAR LA CHRYSOMÈLE



FIG. 8 ET 9. — LES MINUSCULES MOTEURS ÉLECTRIQUES

MOTEURS ÉLECTRIQUES EN MINIATURE

La photographie figure 8 représente le moteur électrique réalisé par un de nos lecteurs horloger à côté d'une pièce de 50 centimes. On voit qu'il est vraiment de taille minuscule, sans que l'on puisse affirmer qu'il détienne le record en la matière.

Tournant sous une tension de 3 V, entre 2 500 et 3 000 tours/mn, ce moteur ne pèserait que 375 mg. Voici ses dimensions : hauteur, socle compris, 6,4 mm ; longueur totale 8,5 mm ; diamètre du rotor 2,8 mm ; diamètre du collecteur 1,4 mm ; diamètre de l'axe 0,15 mm ; épaisseur d'une lame de balai 0,04 mm. Le bobinage a été effectué avec du fil de 0,05 mm de diamètre.

Mais voici un moteur encore plus petit construit entièrement à la main par un autre de nos lecteurs (fig. 9). Ce moteur, qui ne pèse que 150 mg, ne mesure que 3,5 mm de haut. Du type série universel, il tourne à 6 000 tours/mn sous une différence de potentiel de 2 volts. L'induit est à trois pôles, le collecteur a 1 mm de diamètre et les balais 0,02 mm. d'épaisseur. Le bobinage comporte plusieurs centaines de mètres de fil émaillé de 0,04 mm de diamètre.

**DU DENTISTE
AU
RADIODÉPANNAGE**

La recherche du minimum d'encombrement dans les radiorécepteurs a conduit les constructeurs à serrer le plus possible les divers organes des appareils. Cette pratique rend fort difficile l'examen de ces organes, notamment la lecture des caractéristiques de certains accessoires tels que les condensateurs, en vue du remplacement de ceux qui ont été reconnus défectueux.

Le dispositif bien connu constitué par un miroir convexe fixé au bout d'un manche, et dont se servent les dentistes pour examiner les parties normalement invisibles des dents, fournit une élégante solution à ce petit problème de dépannage. Il peut d'ailleurs être complété, comme le montre la fig. 10, par une petite ampoule électrique permettant d'éclairer les points obscurs et de voir aisément

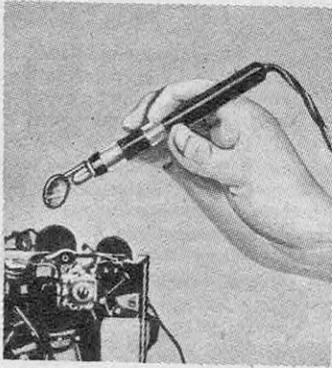


FIG. 10 — EXAMEN D'UN APPAREIL AVEC LE MIROIR DU DENTISTE

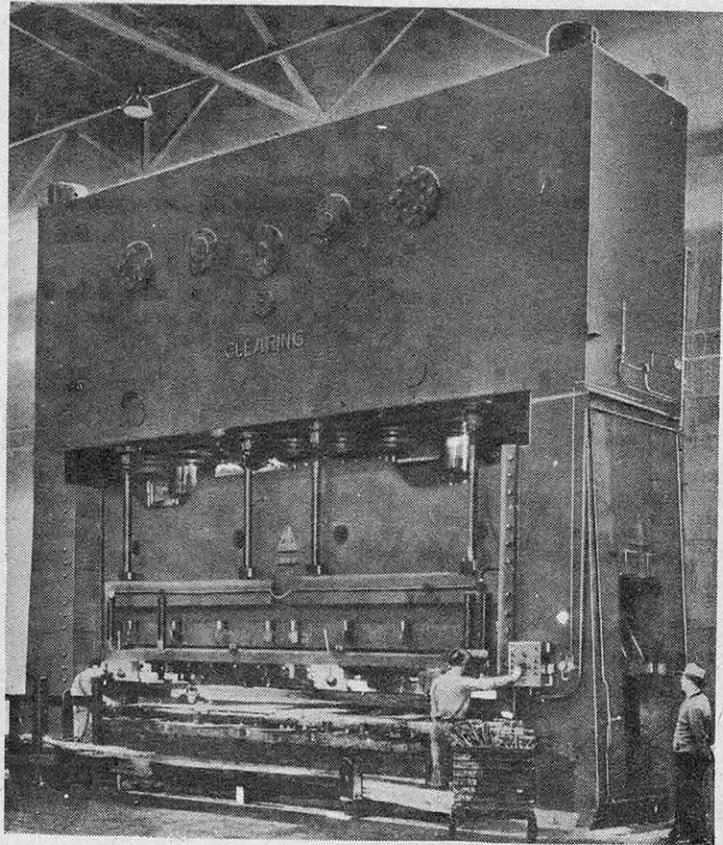


FIG. 11. — UNE PRESSE DE 3 000 T POUR L'INDUSTRIE AUTOMOBILE (UNITED PRESS PHOTOS)

l'image, agrandie et droite, fournie par le miroir.

**PRESSE GÉANTE
POUR L'INDUSTRIE
AUTOMOBILE**

L'INDUSTRIE automobile dispose aujourd'hui de presses gigantesques à emboutir qui peuvent trans-

former en quelques secondes une tôle en carrosserie de voiture ou en portions importantes de camions ou d'autocars. A Cleveland (Ohio, U. S. A.), une de ces presses, représentée sur la photographie ci-contre (fig. 11), haute de 13,70 m, est capable d'exercer une force de 3 000 t.

V. RUBOR

NUMÉROS DISPONIBLES

1945 : 337, 338, 339.	à 20 frs l'exemplaire.
1946 : 340, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 348.	à 20 » —
349, 350, 351.	à 30 » —
1947 : 352, 353, 354, 355, 356.	à 28 50 —
357, 358, 359, 360, 361, 362, 363	à 30 » —
1948 : 364, 365, 366	à 40 » —
Numéro hors série : « Aviation 1946 ».	à 120 » —

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

RELIURES brevetées France et Étranger « ACLÉ » pour six numéros (années 1946 et 1947), pages de garde cartonnées et titre au dos, 200 frs ; clés de montage (utilisables indéfiniment), la paire 15 frs ; frais de port recommandé pour deux reliures (une année) et emballage, 55 francs.

Adresser le montant de la commande au C. C. postal 1258-63 Paris.

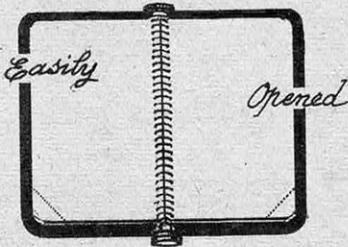
« COPONO-BOOK »

l'objet nouveau et utile qui a gagné l'Amérique, est l'auxiliaire obligatoire des hommes d'affaires.

C'est la combinaison d'un porte-feuille et d'un carnet de poche interchangeable, complété d'un portefeuille d'identité et d'un répertoire-adresses-téléphone.

Son immense succès est la consécration de la supériorité de ses qualités.

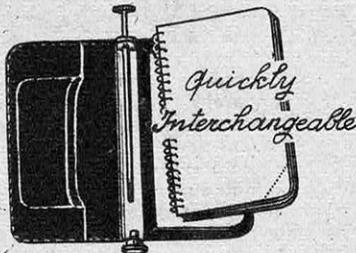
Sans effort...



*Il reste « totalement » ouvert.
Seul au monde...*



Il permet la réversibilité complète.



Une simple broche assure l'interchangeabilité rapide.

Plus de papiers à perforations spéciales ; « COPONO-BOOK » est le seul qui utilise des blocs standard de vente universelle.

Finesse de la peausserie, netteté de la ligne donnent une présentation parfaite, raffinée, très moderne, qui justifie sa réputation actuelle auprès d'une clientèle toujours plus vaste, répartie dans le monde entier.

« COPONO-BOOK », Combined Pocket and Note-Book, est vendu chez tous les libraires, maroquins et papetiers.

Vente en gros exclusivement :

Pour Paris : COPONO-BOOK, 28, place Saint-Georges. Tél. Tru. 95-01.
Province : COPONO-BOOK, Boîte postale 103/10, Clermont-Ferrand. Tél. 27-37.

VUES MODERNES SUR LA PHOTO D'AMATEUR
CHRONIQUE GRENIER

JOIES ACCRUES - DÉPENSES RÉDUITES

Amateurs, faites vous-mêmes vos travaux.

Les prix montent : ceux des travaux photographiques comme les autres ; votre fringale de belles images est sérieusement freinée. Pourquoi ne pas faire vous-même vos travaux ? Vous réaliserez des économies appréciables et vous connaîtrez des joies nouvelles dont vous ne soupçonnez pas la qualité. Chez un photographe, l'épreuve directe 6 × 9, coûte 10 fr. Elle vous reviendra à 1 fr. 60 et l'agrandissement 13 × 18 à 18 fr. au lieu de 40 fr.

Il faut évidemment engager un petit capital au départ. Il n'est pas très important et voici quelques devis qui vous aideront à fixer votre choix. Notez que la « chambre noire » est inutile ; votre cabinet de toilette convient parfaitement.

1° *Le procédé Eljy.* Tout le monde connaît le populaire petit Super Eljy Lumière qui a fait beaucoup pour la vulgarisation du petit format : objectif anastigmat 1 : 3,5 ; obturateur de 1/10 à 1/200 et pose ; utilise pellicules spéciales 8 vues 24 × 36 mm. Prix : 5 560 fr. Avec cet appareil, nous vous offrons : la Cuve Eljynox pour développer, en plein : contient seulement 60 cm³ de révélateur..... 510 fr.

Tireuse amplificatrice Sommor n° 1. Utilise l'Eljy comme optique ; agrandissements de 6 × 9 à 13 × 18 ; lampe opale et double condensateur passe-vues évitant rayures, avec film-test Vitonet..... 4 344 fr.
Révélateur Minigrain 600 cm³ 80 fr.
Révélateur papier Kinolor 800 cm³ 80 fr.
Fixage acide rapide 1 litre.. 70 fr.
3 pochettes (3 gradations), papier bromure blanc brillant 6 × 9. 270 fr.
3 pochettes cartolines chamois en 13 × 18..... 294 fr.
Le développement moderne... 80 fr.
Les joies de l'agrandissement. 140 fr.
Papier inactinique orange... 50 fr.
Total..... 5 918 fr.

2° Vous avez un appareil 24 × 36 sur film ciné normal. Utilisez : Cuves Souplinox bande celluloïd gaufré pour film 36 vues..... 995 fr.
Tireuse amplificatrice Sommor n° 2, passe-vues Sommor, double condensateur, ampoule opale. Agrandit les 24 × 36 et 3 × 4 mm en 13 × 18 sans optique. 4 720 fr.
Objectif spécial d'agrandissement Kynor-Roussel 3,5. (Inutile si votre appareil possède un objectif amovible)..... 2 650 fr.
Papiers, révélateurs, fixage et manuels comme ci-dessus..... 1 064 fr.
Total..... 9 429 fr.

Le matériel ci-dessus est simple, mais de qualité : il vous offre déjà de larges possibilités ; les amplificatrices Sommor permettent des agrandissements plus grands que le 13 × 18 en projetant hors table ; elles sont munies

d'un écrou au pas Kodak pour utiliser l'appareil comme reproducteur.

Nous n'avons pas mentionné les cuvettes ; pas indispensables ; servez-vous de vieilles assiettes. Plus tard, vous perfectionnerez votre équipement avec des cuvettes en belle faïence (13 × 18 : 340 fr.) ou en verre Kodak (18 × 24 : 635 fr.) ; une glaceuse-sècheuse électrique permettra de terminer vos épreuves en quelques minutes (format 22 × 27, avec rouleau essoreur : 2 600 fr.).

Si vous désirez de grandes possibilités, un travail facile et plus rapide, de très grands rapports d'agrandissement, voici un troisième devis :

Cuve Souplinox avec intérieur supplémentaire (pour développer plusieurs films successivement)... 1 683 fr.
Agrandissement Grenier, appareil d'une qualité et d'un fini exceptionnels : source lumineuse réglable en tous sens, double condensateur ; mise au point très douce à grand tirage, tablette 35 × 45 cm, bras support pour la reproduction sans optique (avec bague au choix).. 12 000 fr.
Objectif Kynor-Roussel 3,5 de 50 mm..... 2 650 fr.
Vérificateur Dodin pour une mise au point rigoureuse..... 3 000 fr.
Révélateur grain fin 600 cm³.. 80 fr.
Révélateur papier 800 cm³.. 80 fr.
Fixage acide rapide surfix 1 litre. 70 fr.
3 boîtes 100 feuilles cartoline chamois mat 13 × 18 (3 gradations). Les 3 : 2 415 fr. 3 pochettes cartolines chamois 18 × 24 : 540 fr. 3 pochettes cartolines chamois 30 × 40..... 1 410 fr.
2 feuilles papier inactinique. 100 fr.
Possibilités petits formats... 205 fr.
Le Développement moderne... 80 fr.
Les Joies de l'agrandissement. 140 fr.
Total..... 24 453 fr.

A votre service. — Nous éditons tous les deux ou trois mois un bulletin d'information *Petit Format*, trois numéros sont déjà parus. Inscription pour les numéros de 1948 et le catalogue (véritable guide de la photo), que nous sortirons fin mai : 300 fr. remboursables. Le numéro 4 sera consacré à l'exposition des industries de la photo et du cinéma, qui vient de se tenir à Paris, avec un succès éclatant.

Demandez notices contre 9 fr. en timbres ou coupons-réponse.

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

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

UNE INNOVATION DANS LA PHOTOGRAPHIE LA CAMERETTE MUNDUS semi-automatique à répétition

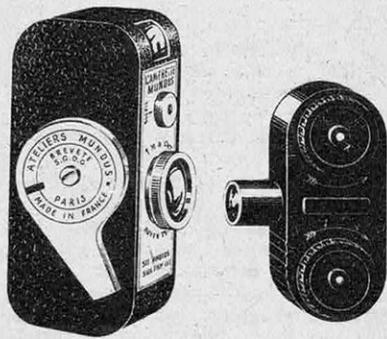
Les lecteurs de *Science et Vie* savent tous ce qu'on peut tirer du film cinéma utilisé en photographie.

Voici le film 16 mm à la portée de tous.

La CAMERETTE MUNDUS, véritable petite mitraillette photo fait 50 clichés sur film de 16 pour un prix inconnu à ce jour. Les excellentes photos obtenues peuvent :

- être visionnées directement à l'aide d'une petite visionneuse ;
- être agrandies en 6 x 9 ou 9 x 12 ;
- être projetées sur écran.

Le film utilisé. — Un négatif cinéma panchromatique inversible.



CAMERETTE

VISIONNEUSE

Appareil. — Le mécanisme de la CAMERETTE MUNDUS constitue une grande innovation.

Par une simple pression sur un levier, on obtient le déplacement du film et le déclenchement de l'obturateur : donc plus de double impression et appareil toujours prêt.

Possibilités. — Succession rapide des clichés — presque du cinéma — ou vue par vue.

Objectif. — Très lumineux ; ouverture 2.9 ; foyer 25 mm permettant la prise de vue dans les conditions les plus difficiles.

Obturateur. — De conception nouvelle 1/100 de seconde, offrant toutes possibilités même sur des sujets en mouvement rapide.

Profondeur de champ. — Foyer très court, aucune mise au point. Images nettes de 1 m à l'infini.

Viseur. — Incorporé dans le boîtier.

Chargement. — En plein jour avec les chargeurs spéciaux de 50 images.

Réalisation. — En acier inoxydable résistant aux chocs et à tous les climats.

Dimensions. — 100 x 44 x 28 mm. Poids 200 gr. environ. Documentation SV contre 6 fr. en timbres.

ATELIERS MUNDUS

77, avenue Parmentier, PARIS.

L'ECLATRON : La lampe éclair électronique française

Les caractéristiques essentielles de cette grande nouveauté dans le domaine de la photographie ont été données dans les derniers numéros de *Science et Vie* ainsi que la description des différents modèles d'appareils « ECLATRON » :

1° « ECLATRON REPORTAGE » ;

2° « ECLATRON STUDIO ».

Nous rappelons les deux dernières nouveautés :

« ECLATRON PETIT STUDIO », appareil léger pour industriels.

« ECLATRON AMATEUR », appareil léger (3 kg) pour amateurs alimenté par secteur, permettant de réaliser, dans des conditions extraordinaires de commodité, des photos inédites, exploits photographiques restés jusqu'ici dans le domaine de l'impossibilité.

A ceux qui douteraient de la portée de la lampe éclair électronique, nous soumettons ces deux vues prises avec un appareil ECLATRON de série, en pleine nuit, avec un Rolleiflex F 3-5. (Opérateur G. Lefèvre.)



PLACE DE LA CONCORDE
1/30 000°

CATHÉDRALE DE VERSAILLES
1/25 000° SUR ROLLEIFLEX 3-5

Rappelons, pour mémoire, que la lampe électronique française « ÉCLATRON » peut produire 50 000 éclairs et que les appareils « ECLATRON » ont une autonomie complète de plus de 200 clichés. Professionnels, ingénieurs, reporters, amateurs, « ECLATRON » vous offre des horizons nouveaux. La puissance de l'éclair est idéale pour tous les studios : pour la photo industrielle, pour saisir l'expression des sujets en plein mouvement (les enfants surtout), pour la photo scientifique (microphotographie, animaux, rétine de l'œil, études du mouvement, études aéro ou hydro-dynamiques), pour la photométrie (variations de $\pm 1\%$ au maximum), pour la photo en couleur, la photo publicitaire.

Pour tous renseignements techniques et commerciaux, s'adresser à

SOCIÉTÉ ÉCLATRON, 44 bis, rue Pasquier, à Paris.

L'INVENTION POINTE DE CHOC

de l'industrie. A condition d'être couverte par un brevet pris à temps par un spécialiste.

André NETTER, Ingénieur E. C. P. Conseil en Propriété Industrielle, 132, faubourg Saint-Denis, Paris (X^e). Nord 01-53.

35 A 40.000 FRANCS PAR MOIS

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



LOCAPFILM

64, rue Turbigo, à Paris (Arch. 71-09), loue tous films PATHE-BABY 9,5 mm muets ou parlants pour patronages, écoles, familles.

Vente suivant disponibilité de CAMERAS, PROJECTEURS, JOUETS SCIENTIFIQUES.

Filmathèque sur demande contre 40 francs en timbres poste.

CHOISISSEZ VOTRE MONTRE de Besançon

parmi les 20 modèles photographiques du catalogue DIFOR envoyé franco, contre 3 timbres.

Vente directe.

Garantie absolue d'un an.
« DIFFUSION HORLOGÈRE »
14, rue des Granges, Besançon.

LA DIFFUSION SCIENTIFIQUE
3, rue de Londres, Paris (9^e),
vous présente

son intéressante collection de livres sur l'automobile, l'électricité, la radio, les diverses professions, le dessin, la formation professionnelle, le commerce, la comptabilité, les connaissances scientifiques nouvelles, la médecine, les sports, les danses, la cuisine, la pâtisserie, le jardinage, le bricolage, la culture humaine, la graphologie, l'occultisme, la radiesthésie, etc... Catalogue général « SCIENCES 48 » de 32 pages contre 15 francs en timbres.

TRAITÉ PRATIQUE D'AUTOMOBILE

par Léonce TABOUELLE,
ingénieur des Arts et Métiers.
6^e édition : Tome I. Considérations générales et techniques.

Tome II. Entretien. Manuel de dépannage. Planches et croquis.
2 vol. form. 14x19, 250 croquis et planches. Les 2 vol. 375 fr.

L'ABEILLE ET SON TRAVAIL
Exposé des méthodes américaine, allemande et française.
Les 2 vol. 14x19 avec 31 pl. 270 fr.

TOUTES LES PÊCHES EN RIVIÈRES DE FRANCE
par Robert RAVAUT.
Véritable petit manuel pratique et complet du pêcheur.
1 vol. nombreux croquis.... 160 fr.

LA PÊCHE AU LANCER
par Robert RAVAUT.
Le maximum de chances avec le maximum de rendement
1 vol. abondamment illustré... 186 fr.

MANUEL PRATIQUE DE L'ÉLECTRICIEN RURAL ET URBAIN
par L.-P. BOUQUET, E. S. E. et M. AVRIL.
Véritable traité complet de l'électricité et de toutes ses applications pratiques. 3 vol. 14 x 19 dont 1 vol. de tableaux, graphiques, formulaires, planches et croquis en deux couleurs.
Les 3 vol. 540 fr.

EDITIONS JACQUES VAUTRAIN
12, rue Ernest-Psichari, Service 60, Paris. — C. C. P., Paris 434.61.

DU NOUVEAU POUR VOUS D'ICI SIX MOIS DANS LA COMPTABILITÉ

« Préparez les examens officiels d'État »
C'est une profession de mieux en mieux payée. Partout vous trouverez à travailler car toutes les affaires emploient des comptables. En six mois, avec la sympathique méthode d'enseignement par correspondance Caténale, vous gagnerez confortablement votre vie dans cette branche. Renseignez-vous. Qui peut se plaindre d'en savoir trop ?

Demandez la documentation gratuite n° 2231. Ne pas joindre de timbres. École française de comptabilité, 91, avenue République, Paris.

DOCUMENTEZ-VOUS SUR L'EXPLOSIF AGRICOLE



Le Manuel illustré de l'Artificier agricole fournit tous les renseignements détaillés sur les multiples applications des explosifs agricoles, ainsi que sur leur mode d'emploi.

Mais il importe de choisir un explosif sûr, facile à utiliser et dont le pouvoir brisant est complété par un réel pouvoir fertilisant, indispensable au bon rendement de certains travaux.

A titre d'exemple, l'explosif Agralite, utilisé en culture fruitière, permet non seulement à un seul homme de creuser soixante fosses de plantation pour arbres tiges en une courte journée d'hiver, mais il agit sur le sol par son action mécanique de dislocation et de fissuration et par son action chimique : dégagement de gaz nitreux, lesquels favorisent la nitrification et le développement des bactéries fertilisantes.

Un verger de pêcheurs, préalablement sous-solé à l'explosif, a produit 78 000 kg de fruits pendant ses dix premières années de plantation, alors que les vergers non traités ne produisaient que 60 000 kg pour la même surface (revue *La Potasse*, avril 1947).

Pour vous documenter sur tous les travaux réalisables à l'aide de l'Agralite, ainsi que sur leur mode d'exécution, facile et sans danger pour toute personne soigneuse, demandez le Manuel illustré de l'Artificier agricole, qui vous sera envoyé franco contre mandat de 200 francs adressé à M. RAYM-POIRIER, ingénieur à Bazouges (Mayenne).

AVIS IMPORTANT AUX MÉCANICIENS AUTO



Pour connaître à fond toute l'automobile (tourisme, P. L., tracteurs, mécanique, électricité, réparations, organisation du garage), utilisez les services E. T. N. de documentation automobile et de perfectionnement professionnel.

En quelques mois, chez vous, sans déranger vos occupations, ils feront de vous un spécialiste hautement qualifié et « à la page ».

Vous qui voulez faire mieux et gagner davantage, demandez la notice illustrée gratuite G 6 à l'E. T. N. « l'Ecole Spéciale d'Automobile », 137, rue du Ranelagh, Paris (XVI^e). A Bruxelles, 20, rue Charles-Martel. A Neuchâtel, Gorges 8.

VOICI L'OUVRAGE LE PLUS RÉCENT SUR L'ÉLECTRICITÉ DE L'AUTOMOBILE MODERNE A LA PORTÉE DE TOUS sans inutilités



Extrait de la table des matières.
1^o Rappel de la constitution d'un équipement et de son fonctionnement ;
2^o Utilisation de l'équipement ;
3^o Entretien de l'équipement ;
4^o Méthode de recherche des pannes électriques ;

5^o Les pannes de générateurs ;
6^o Les pannes d'éclairage ;
7^o Les pannes de démarrage ;
8^o Les pannes d'allumage ;
9^o Pannes diverses ;
10^o Tableau des pannes, symptômes, essais de recherches, causes et remèdes.

Un ouvrage condensé en 72 pages 135x210 mm., nombreuses illustrations. Prix franco..... 150 fr.

Et puis voici des ouvrages très détaillés incomparables, la **Technologie radio-électrique**, 312 p., 155 x 240, 412 fig. 820 fr.
Chef de garage, 296 p., 155 x 240, 184 fig. 800 fr.
Automobilistes, garages et garagistes, 262 p., 155 x 240. 810 fr.
Électricité automobile moderne, 237 pages, 155 x 240, 205 fig. Prix 765 fr.

Guide des dépannages, sur autos, motos, matériel et outillage. 350 fr.
La carburation dans les moteurs à explosions, 33 pages, 21 x 27, 56 fig. 135 fr.
Moteurs d'automobiles, 160 pages, 21 x 27, 116 fig. 730 fr.

Envoi gratuit de la liste de livres techniques n° 57.

INST. INTERNAT. D'ÉDITIONS
104, boul. Malesherbes, Paris.



LONG CRÉDIT

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

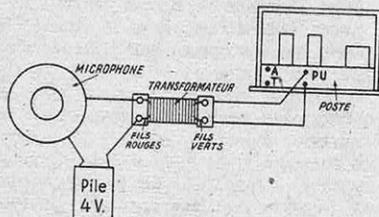
TÉLÉSON-RADIO

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

UTILISEZ MIEUX ENCORE VOTRE POSTE DE T. S. F.

Lequel d'entre vous, se trouvant dans une réunion, dans une fête, devant un micro, ne s'est découvert soudain une vocation de speaker amateur et pris d'une envie folle de parler dans la boîte mystérieuse ?

Or, c'est ce que vous pouvez faire à peu de frais avec une installation d'une simplicité enfantine sur votre poste de T. S. F. en vous conformant au schéma ci-dessous.



Vous pourrez ainsi faire des farces, annoncer les disques que vous passez en pick-up, appeler quelqu'un, commenter une audition, plagier un émetteur fantaisiste, etc.

L'effet de surprise sera encore plus grand si vous tenez secrète l'installation du micro et installez celui-ci dans une autre pièce au moyen d'un fil assez long.

Prix du micro	600 fr.
Transformateur	120 —
Pile.....	37 —
Fil spécial, les 5 mètres.....	200 —
Frais d'envoi.....	125 —
	1 082 fr.

Vous pourrez trouver tout ce matériel aux Etablissements M. J., 19, rue Claude-Bernard, Paris (5^e), et RADIO M. J., 6, rue Beaugrenelle, Paris.

C. P. Paris 1532-67.

DANS CINQ MOIS VOUS SEREZ COMPTABLE

(Traitement : de 10 000 à 25 000 fr.)
4 MOIS suffisent pour faire de vous un

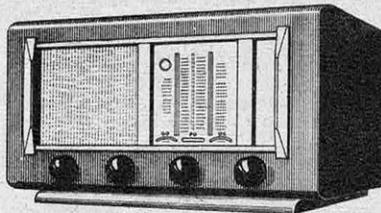


bon Secrétaire Sténodactylo (traitement jusqu'à 15 000 fr.) grâce aux célèbres cours par correspondance de l'ÉCOLE PRATIQUE DE COMMERCE, 31, av. A.-Briand, Lons-le-Saunier (Jura).

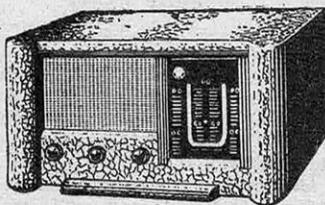
Actuellement, le nombre des emplois offerts aux anciens Elèves de l'École dans le Commerce, l'Industrie, les Administrations, etc., en France et aux Colonies, est bien supérieur à celui des candidats disponibles. Dem. broch. illustr. grat. n° 2210.

DÉBUTANTS, AMATEURS, PROFESSIONNELS RADIO ! UNE INNOVATION : POSTES PRÉFABRIQUÉS

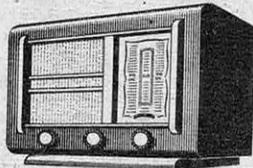
Quoi de plus attrayant, instructif et économique que de construire soi-même un bon récepteur de radio ? Avec nos notices et schémas, même un débutant est capable de monter sans risque d'erreur un des trois modèles que nous soumettons à votre choix.



Le R. P. 805, superhétérodyne alternatif, grand luxe, d'une conception ultra-moderne, toutes ondes, comprenant 6 lampes : 6A8, 6K7, 6Q7, 6V6, 5Y3, 6AF7. H. P., A. P. contre réaction. Ébénisterie vernie au tampon. Encombrement : 56 × 31 × 26. Devis, notice et schéma, adressés contre 20 fr.



Le R. P. 804, superhétérodyne junior, 5 lampes, alternatif, toutes ondes, montage très économique, d'une conception extrêmement simple, donnant des résultats surprenants. Comprendant 5 lampes : 6A8, 6K7, 6Q7, 6V6, 5Y3. Ébénisterie brute. Encombrement : 42 × 26 × 21. H. P., 18 cm. Devis, notice et schéma, adressés contre 20 fr.



Le R. P. 803, superhétérodyne miniature, tous courants, toutes ondes, comprenant 5 lampes : 25Z6, 25Z5, 6Q7, 6K7, 6A8. Excellente sensibilité. Belle présentation. Ébénisterie vernie au tampon. Encombrement : 27 × 19 × 17. Devis, notice et schéma, adressés contre 20 fr.

Nous vous fournissons absolument tout le matériel nécessaire à leur construction, depuis le rouleau de soudure jusqu'à l'ébénisterie. Toutes les pièces détachées sont de première qualité. Transfos, bobinages en cuivre.

La Société des Etablissements « RADIO-PAPYRUS » est à même de fournir, et de vous expédier rapidement en province, France et Colonies les trois ensembles prêts à câbler, désignés ci-dessus, contre mandat à la commande. Envoi des devis, tarifs, schéma et notice, contre 20 fr. en timbres.

La maison est spécialisée dans la fourniture de pièces détachées radio pour constructions et dépannages. Demandez-nous notre catalogue général S. V., saison 1948, contre 20 fr. en timbres.

Nous pouvons également vous fournir tout le matériel de sonorisation « Philips » (ampli, haut-parleur, micro, câble).

Amplis de 25 et de 50 watts.

Haut-parleurs « Philips » de qualité exceptionnelle, aimant permanent pour sonorisation ou poste très haute qualité.

6 watts, 23 cm, 2 kg 6	2 900 »
15 — 28 — 6 kg	5 300 »
25 — 31 — 7 —	6 500 »

« RADIO-PAPYRUS », 25, boulevard Voltaire, Paris (11^e). Métro Oberkampf. C. C. P. 2812-74.

LES CARRIÈRES DE L'AUTOMOBILE A LA PORTÉE DE TOUS

L'enseignement par correspondance des COURS TECHNIQUES AUTOMOBILES permet chaque année à des milliers de jeunes gens de se créer une situation intéressante dans l'industrie et le commerce de l'automobile. Pourquoi ne feriez-vous pas comme eux ?

A la ville, à la campagne, dans l'armée, les spécialistes connaissant la technique des moteurs sont recherchés.

N'attendez pas pour suivre l'enseignement par correspondance des COURS TECHNIQUES AUTO.

Toutes les carrières de l'automobile : Motoriste, mécanicien - chauffeur, électricien-réparateur, employé ou magasinier de garage, vendeur représentant en automobiles, etc...

Préparation au service militaire dans l'armée motorisée.

Conduite, entretien et dépannage des tracteurs agricoles.

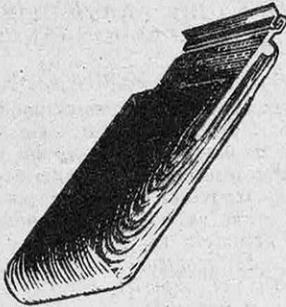
Autorails chemin de fer de France et des Colonies.

Mécanicien-dépanneur des P. T. T.
COURS TECHNIQUES AUTO
r. du D^r-Cordier, St-Quentin (Aisne)
Renseignements gratuits sur demande

**LE GRATTOIR SKARSTEN
A LAMES AMOVIBLES
VOUS DONNE L'HABILETÉ
DU PROFESSIONNEL !**

Jusqu'à ces dernières années, les racloirs n'avaient pas bénéficié des progrès apportés aux autres outils. Le grattoir SKARSTEN, breveté dans le monde entier, comble cette lacune.

C'est un petit appareil en bois verni monté avec un porte-lame en acier chromé dans lequel est maintenue une lame recourbée en acier spécial trempé, dont la forme a été étudiée spécialement pour obtenir les meilleurs résultats, aussi légère que possible pour empêcher le grincement et l'ébréchure. Elle ne nécessite pas de réglage et peut se réaffûter plus de cent fois avec une lime douce. Pour la remplacer, il suffit de la faire glisser du porte-lame.



Modèle n° 35.
Prix imposé : 97 fr.

C'est le grattoir parfait pour les amateurs et les professionnels, grâce aux multiples usages qu'il permet : racler les portes, fenêtres, tiroirs qui coïncent, remettre à neuf les parquets, gratter les vieilles peintures, les courroies de cuir, etc.

Nos six modèles différents conviennent à tous les usages.

Les Etablissements du MÉTALFEX 32, rue de l'Avenir, à Clichy, Seine, vous communiqueront l'adresse d'un dépositaire si votre quincaillier ne vend pas encore cet article.

**VOULEZ-VOUS
UNE SITUATION**

d'avenir dans ces activités :

Électricité, S. N. C. F., Mécanique, Agriculture, Commerce, Comptabilité, Automobile, Cinéma, Radio, Journalisme, Banque, Assurance, Police, Hôtellerie, Publicité, Forêts, Mines, Secrétariat, Économat, Froid, Transports, Topographie, Dessin industriel, Travaux publics, Aviation, Emplois d'État (2 sexes) ? Guide gratuit 419, document unique. Ecole au Foyer, 39, rue H.-Barbusse, Paris (20 ans de succès).



**500 COUPS SANS RECHARGE
RECHARGE INSTANTANÉE**



PISTOLET AUTOMATIQUE
500 PROJECTILES
Pontée Réglable : 12° 24° 36°
Tir Précis et Silencieux

« PNEUMA-TIR 500 »
est un jouet ; mieux : un
SPORT POUR TOUS
petits et grands

qui fonctionne à l'air comprimé mais a ceci de particulier qu'il tire une à une et sans recharge 500 balles et se recharge ensuite instantanément, l'air comprimé étant fourni par simple pression des doigts sur la poire en caoutchouc.

Demandez la démonstration à votre spécialiste le plus proche en :

Jouets Sports Armes Cadeaux
Vente en gros **E. P. A. S.**
39, rue Volta, Paris (3^e)

Agent général Belgique-Luxembourg :
LIESENBERG, 27, rue Veydt,
Bruxelles

Foire de Lyon 1948 - Foire de Paris

**UNE DOCUMENTATION
DE TOUT PREMIER ORDRE**

Sur simple demande, accompagnée de la somme de 15 francs en timbres, vous recevrez le catalogue général n° 12 de **SCIENCES ET LOISIRS**, la librairie technique la plus importante de toute la France. Ce catalogue de 80 pages (format 135 x 210) contient les sommaires de plus de 1000 ouvrages sélectionnés parmi les meilleurs (technique, vulgarisation scientifique, utilité pratique).



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

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

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

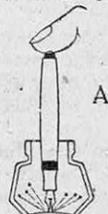
Librairie **SCIENCES ET LOISIRS**,
17, avenue de la République,
PARIS (XI^e) (métro République).

**LE STYLO PP 52
MATCHER-COLOMBES**

Il est prouvé désormais que le stylo, avec plume or ou métal, conserve la faveur de la majorité du public. Encore faut-il que l'usager, en dehors d'une plume irréprochable, trouve dans son stylo des avantages accessibles qui lui rendent de réels services ; par exemple, le système de remplissage.

Un mécanisme ingénieux, réalisé par la marque **MATCHER-COLOMBES**, a retenu toute notre attention. Nous nous empressons de le faire connaître à nos lecteurs, car, à notre avis, il faut, dans le choix d'un stylo, rechercher toujours les derniers perfectionnements.

Evitant le levier sur le côté du stylo, levier dont la manœuvre est parfois malaisée dans un flacon d'encre à col étroit, cette firme a créé le remplissage au quart de tour. Il n'est plus nécessaire de dévisser



A

complètement le bouchon de corps pour dégager le bouton poussoir, ce qui supprime l'inconvénient de perdre ce bouchon (A). La plume ne risque plus d'être écrasée dans le fond de l'encrier par suite d'une trop forte pression sur le bouton poussoir.

La rotation d'un quart de tour imprimée au talon du stylo par le pouce et l'index agit sur une vis intérieure qui cintré progressivement la barre de compression sous laquelle s'aplatit complètement la vessie de caoutchouc B.



B

Le vide total étant ainsi créé, il suffit de plonger le stylo dans l'encre et de manœuvrer le talon de corps en sens inverse. L'encre monte dans la vessie et la remplit au maximum. Ainsi le stylo est prêt à écrire en quelques secondes (C).



C

Pour renseignements complémentaires et liste des revendeurs de votre région, écrivez avec un timbre pour la réponse, aux Éts H. STROESSER, service S. V., 48, rue Lafayette, PARIS (IX^e).

Foire de Lyon, groupe 41, stand 18.
Foire de Paris, bureau moderne 3803.

**RÉALISEZ VOUS-MÊMES
VOS INSTALLATIONS
ÉLECTRIQUES**

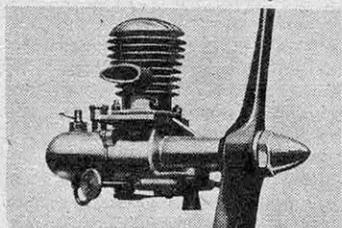
Si vous savez manier tournevis et marteau, MATELEX vous fournira tout ce qui vous est nécessaire : fils, moulures, appareillages, tableaux, etc...

Écrivez dès aujourd'hui pour réclamer le catalogue S. V. contre 20 fr. en timbres.

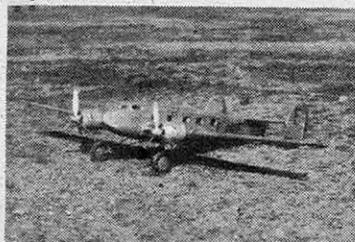
MATELEX, 269, boulevard Péreire, Paris (XVII^e).

MICROMOTEUR 5 CM³ A AUTO-ALLUMAGE BONNIER

Beaucoup de micromoteurs ont vu le jour ces dernières années ; mais le BONNIER, l'un des premiers nés, mérite qu'on s'y attarde un peu.



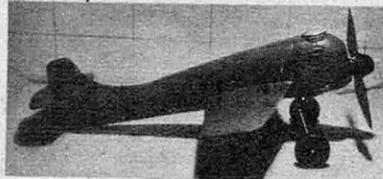
Avec ses ailettes et son cône d'hélice, il rappelle le vrai moteur d'avion. En ordre de marche, il pèse 280 gr. A 4 200 tours mn, régime normal d'utilisation, il développe une puissance de 0,22 ch ; à cylindrée égale, il est donc de beaucoup le plus puissant, et c'est ce qui explique les succès remportés.



Maquette volante équipée de deux micromoteurs BONNIER qui a fait d'excellents essais à Issy-les-Moulineaux.

C'est un moteur à deux temps, à compression fixe ; le carter et le cylindre sont faits d'aluminium coulé en coquille ; la chemise est d'acier spécial cyanuré ; le vilebrequin, d'acier spécial traité, a été pris dans la masse.

L'ajustage se fait au millième ; en effet, l'allumage est dû à l'élévation de température provoquée par la compression des gaz (rapport volumétrique 16) ; et, comme le piston est sans segments, il est indispensable que l'ensemble chemise-piston soit parfaitement étanche. Aussi, ce petit moteur réjouit-il les amateurs de belle mécanique.



Le 15 février 1948, à Genève, un avion équipé d'un BONNIER a volé à 123 km heure (vol circulaire contrôlé).
Prix : 2 600 francs.

Notice détaillée franco contre 6 francs en timbres, Service S. V. Société BONNIER, 35, rue Marengo, Courbevoie (Seine). C. P. Paris 3760-94.
Dépôt exclusif pour Paris : Source des Inventions, 56, boulevard de Strasbourg.

MODELIA

Les meilleurs modèles réduits :

Boîte d'Avion Moteur caoutchouc	
CB 20, env. 0 m 90.....	300 »
Boîte Planeur performance	
CB 28, env. 2 m.....	540 »
Boîte maquette du Stampe	
avion école.....	180 »
Boîte vedette à moteur mécanique.....	570 »
Boîte voilier Star 85 cm..	1 070 »
Boîte Vedette Elle, long. 1 m	965 »
Moteur électrique pour train « O »	900 »
Train complet	
« VB », « JL », « HO »...	15 000 »
Transformateur 110/20 V.	2 500 »
Locos ANTAL « HO »	
automatique, type vapeur	7 500 »
Locos « JL », « HO »	
type électrique 2 C 2..	7 500 »

Port en sus ou contre remboursement. Catalogue S. V. contre 20 fr. à M. DUCROT, 107, rue de Montreuil. C. C. P. 5284-10, Paris.

VISONS ET IMAGES DE FRANCE

LA NORMANDIE

par Ch. M. CHENU.

Douze reproductions de peintures à l'huile de Jean Dauré.

Sur vélin crêpe-cœur filigrané, couv. remb., 1 vol. 245×285.... 600 fr.
500 ex. sur beau papier. 1 027 fr.
mêmes auteurs et présentations :

LES ALPES

ÉDITIONS JACQUES VAUTRAIN
12, rue Ernest Psichari. Service 60,
Paris (VII^e). C. C. P. Paris 434.61.

A LA SOURCE DES INVENTIONS

La plus ancienne et la plus importante maison de

Modèles réduits.

Actuellement le plus grand choix. Vous trouverez TOUS les accessoires de chemin de fer qui vous manquent. Les boîtes MICRO-LABOR :

BOITES DE PRÉPARATIONS,	
depuis.....	375 »
Coffret 0 bis.....	3 225 »
— 1 bis.....	4 125 »
— 2 B.....	11 325 »
— 3 A.....	14 400 »

MOTEURS A EXPLOSION

MICRON, 10 cc, à air ...	3 200 »
REA, 10 cc, à air.....	2 995 »
— 5 cc, —.....	2 800 »
— 5 cc, à eau.....	2 995 »
BONNIER, 5 cc.....	2 600 »
MICRON, 5 cc.....	2 950 »
DELMO, 5 cc, super 5 ...	3 800 »
B. C., cylindre, en ligne (2 moteurs 3,5 cc) = 7 cc.....	7 450 »

LES NOUVELLES BOITES DE CONSTRUCTION « NAVIG

YACHT « LE SPHINX »,	
paquebot.....	1 935 »
« STRASBOURG », cuirassé.	1 890 »
Chasseur sous-marin....	1 100 »
La « VEDETTE ».....	585 »

Ouvert le lundi.

POURQUOI ÊTRE MANCHOT AU TÉLÉPHONE ?



MAINLIBRE

Casque éclip-sable, se fixe sur tous les télé-phones : tellement pratique, agréable, et léger !

Écrivez, consul-tez vos dossiers en téléphonant.

Envoi contre 350 francs, ou

contre remboursement (plus 20 francs), ou chez les papetiers ou électriciens.

Notice sur demande.

MAINLIBRE. Bte post. 67-15 Paris.
Chèque postal 5582.76 Paris.

Représentants demandés.

DES COURS PARTICULIERS PAR CORRESPONDANCE

Directement avec votre Professeur P. PAPILLAUD.

Pour vos études par correspondance en radio-photo et cinéma, demandez-lui sa documentation personnelle avant de vous inscrire à une autre école... vous y trouverez des avantages certains... Par sa nouvelle méthode, il vous préparera rapidement aux carrières de monteur-dépanneur, sous-ingénieur et reporter, opérateur de cinéma et scénariste...

Écrivez au professeur P. PAPILLAUD, 22 ter, rue de France, Nice (A. M.).

MAQUETTE MOTORISÉE

Avion de tourisme 450, maquette 1,85 m d'envergure pour moteurs de 5 à 10 cc, boîte complète. 1 400 »
STINSON 76, très belle maquette, 1,25 m d'envergure, pour moteur de 3 cc, boîte complète.... 975 »
STAMPE, belle maquette du biplan d'école, 0,84 m d'envergure, pour moteurs de 0,8 cc..... 855 »
PIPER « CUB », maquette très détaillée, 1,15 m d'envergure pour moteurs de 1,5 cc, en boîte..... 645 »

Les prix indiqués sont nets, mais susceptibles de variations.

Expédition rapide contre remboursement des frais de port et d'emballage et de la différence s'il y a lieu.

TOUS LES PLANS GUILLEMARD

Nous possédons un grand choix d'appareils et d'accessoires.

PHOTO ET CINÉMA

Télécommande pour modèle réduit documentation sur demande.

A LA SOURCE DES INVEN-TIONS, Service S. V., 56 bis, boulevard de Strasbourg, Paris (10^e). Près la gare de l'Est. C. C. P 731-76 Paris.

UN LIT EN UNE SEULE PIÈCE ARTICULÉE

Les Établissements PEYRON, spécialistes du matériel de camping, ont fait breveter un modèle de lit pliant qui a valu à son créateur la médaille de Vermeil à la dernière Foire de Paris.

Ce lit, vendu sous la marque « GEP » (déposée), n'est pas seulement destiné au camping. Il peut avoir sa place, comme lit de secours, dans tous les intérieurs.

Fait intéressant : de nombreux hôpitaux, cliniques, sanas ont déjà passé d'importantes commandes.

Le lit « Gep », en une seule pièce articulée, est fabriqué en tube d'acier spécial très léger (il ne pèse que 8 kg). Il s'ouvre et se replie en une seconde.

La toile, en fort coton écru lavable, est renforcée latéralement, avec possibilité de réglage de tension par lacement en dessous, ce qui confère au lit « Gep » une très grande souplesse.

Documentation, avec reproductions photographiques, adressée sur demande : Établissements PEYRON, 4, rue des Mariniers, Paris (XIV^e).



L'AVIATION...

MÉTIER DE GRAND Avenir

Vous qui êtes attirés par l'Aviation avez-vous pensé au développement immense que va prendre cette industrie ? Avez-vous pensé au grand nombre d'emplois qu'elle va réserver à tous les techniciens qui auront su acquérir le bagage de connaissances techniques indispensable ?

Si l'Aviation vous attire, sans quitter votre travail habituel et quelle que soit votre résidence, dites-vous bien que nos cours par correspondance vous permettront d'acquérir dans cette branche, combien moderne de l'activité actuelle, une situation enviable.

Nos cours, dirigés par un général, ancien chef de l'état-major de l'Armée de l'Air, offrent toutes garanties de réussite et vous permettront de devenir pilote-aviateur, radio navigant, chef électro-mécanicien d'aviation ou chef dessinateur en constructions aéronautiques.

Baptêmes de l'air gratuits sur les appareils de l'école.

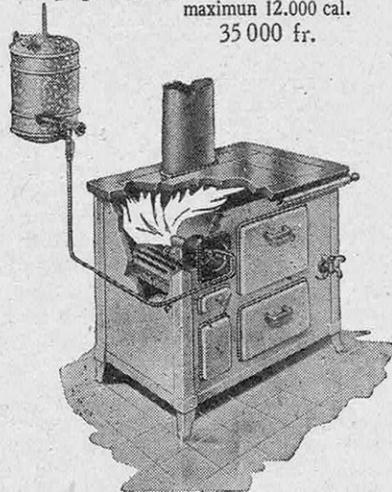
Renseignements et documentation sur simple demande adressée à : L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE 21, rue de Constantine, Paris (VII^e).

CHAUFFAGE ASSURÉ cet hiver avec votre cuisinière.

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

FEUFOLLET
brevet n° 768-224.

Consommation horaire moyenne :
1/2 litre.
Type Prix du brûleur installé :
Chaudières 8 000 fr.
Chauffage Central, maximum 12.000 cal.
35 000 fr.



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

A TEMPS modernes...



Comptabilité MODERNE !

PRÉPAREZ SÉRIEUSEMENT
votre C. A. P. ou encore
votre brevet professionnel
DE COMPTABLE

Seuls les diplômés d'État assureront votre réussite.

Demandez dès aujourd'hui la notice S. 53 qui vous apportera toutes précisions utiles sur les possibilités offertes par notre enseignement technique.

PAR CORRESPONDANCE

Renseignements et conseils gratuits.

COURS DE COMPTABILITÉ

du C. E. T., 69, rue Louise-Michel
B. P. n° 104, Levallois-Perret (Seine).

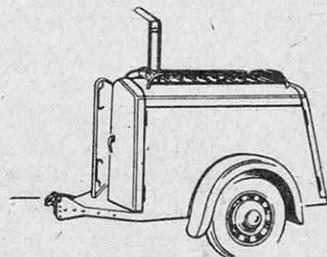
LE PROBLÈME DU TRANSPORT

... A toujours été à l'ordre du jour, et, actuellement, il est nécessaire d'obtenir plus que jamais la meilleure utilisation des moyens existants. La



galerie de toit amovible O. L. D. se fixe instantanément aux carrosseries.

Cette maison construit également des porte-bagages, des malles de toit porte-vélos, porte-skis arrière, des remorques-fourgons métalliques de 400 et 600 kg ainsi que des marche-



pieds adaptables aux Citroën et de splendides pare-chocs inoxydables O. LECANU, D, 51, rue Raspail, à Levallois (Seine). Tél : Pér. 01-29.

UNE GRANDE DÉCOUVERTE : LA RADIESTHÉSIE PHYSIQUE (Microphysique)

De récentes découvertes techniques excluant tout occultisme ou psychisme ont permis de mettre au point un **COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE**, objective, par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial, 30 leçons, 150 exercices judicieux, 100 applica-



tions vous initieront en un mois pour vos besoins professionnels. Conseils gratuits durant un an. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure explicative importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiciens. **ÉCOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE** par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.

« La première encyclopédie radiesthésique par ses qualités fondamentales. »

Cdt d'Aviation H. CHRÉTIEN.

« Ces exercices judicieusement choisis seront accueillis avec sympathie par tous. »

D^r ALBERT LEPRINCE.

« Vous rendez grand service à un grand nombre de personnes. »

Ing. Arts et Manuf. BRARD.

L'ANTIVOL S. E. R.

est incontestablement le plus répandu des antivols dans le monde entier et le plus apprécié par tous les automobilistes, en particulier, par les possesseurs d'une Citroën traction avant.

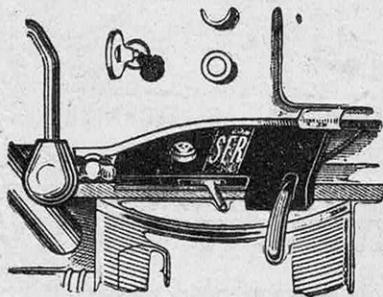
L'appareil pour traction avant, basé sur le principe du blocage automatique des quatre roues rend impossible le vol, même par remorquage.

Placé sous le tableau de bord, il est invisible et très difficile d'accès pour un voleur, même armé des outils les plus modernes.

Muni d'une serrure super-sûreté BAMS-BRICARD unique pour chaque voiture; construit entièrement en acier, boulonné et soudé sur la coque même de la voiture, il est inviolable, incrochetable et indémontable.

Le super antivol S. E. R. condamne les deux côtés du capot au moyen d'un simple bouton poussoir.

D'un prix modique, sa pose facile peut être effectuée par n'importe quel mécanicien.



Un nouvel antivol S. E. R. pour toutes voitures, camions et camionnettes toutes marques, vient d'être mis au point. Construit sous licence des brevets JACQUET et équipé également d'une serrure spécialement étudiée par « BRICRAD », il bloque automatiquement le pédale de débrayage à la position débrayée et la pédale de frein à la position freinée.

Il est inaccessible puisque placé sous la voiture et rend absolument impossible toute tentative de vol.

La SOCIÉTÉ D'ÉTUDES et de RECHERCHES qui a mis en échec les voleurs grâce à son antivol S. E. R. a étudié de façon sérieuse un appareil de sécurité protégeant les roues.

A première vue, la solution du problème consistait à placer un appareil muni d'un système à clé ou à combinaison. Or, ceci ne résiste pas à l'expérience, car au lavage, et avec les intempéries de l'hiver, la boue et la pluie détériorent les pompes des serrures et en empêchent rapidement le fonctionnement.

S. E. R. a donc mis au point un antivol robuste, efficace, d'une grande simplicité, remplaçant un écrou normal de roue et supprimant les ennuis énoncés précédemment.

Cet appareil sans serrure ni chiffre, strictement mécanique, en acier spécial, consiste en un écrou femelle muni d'une chappe mobile interdisant tout démontage même avec une clé STILSON, et pourvu de 5, 6 ou 7 trous, dont l'écartement entre eux constitue un ensemble de combinaisons presque indéfinies. Il ne peut être démonté qu'avec l'écrou mâle possédant les broches correspondantes, emmanché normalement au bout du vilbrequin de roue et enlevé une fois l'écrou femelle bloqué sur la roue.



Ce système fort simple permet le montage des écrous même la nuit, sans aucune difficulté. Ceci est primordial, car un automobiliste « même chancier » crève toujours quand il pleut dans un endroit non éclairé.

Vous pouvez vous procurer ce nouvel appareil, soit par unité pour la roue de secours, soit par série de cinq pour l'ensemble des roues. Il a le même succès auprès des automobilistes que l'antivol de voiture qui a fait la renommée mondiale de S. E. R.

Renseignements, démonstration, atelier de montage. S'adresser au Service S. V. Établissements S. E. R., 27 bis, avenue de Neuilly, Paris (16^e). Téléphone Maillot 13-19.

SI LE DESSIN TECHNIQUE L'AUTOMOBILE LA MÉCANIQUE L'ÉLECTRICITÉ

vous intéressent, demandez à l'ÉCOLE CENTRALE DE MÉCANIQUE (Cours par correspondance)

8, avenue Léon-Heuzey, Paris (XVI^e), son instructive notice-programme intitulée



adressée gracieusement sur demande.

ATTENTION : L'École offre gratuitement à tous ses élèves une boîte de compas et un matériel de dessinateur.



Les Établissements EDGAR BRANDT n'assurant pas la vente au détail de leurs chalumeaux, nous publierons, sous cette rubrique, le

nom des principales Maisons possédant en magasin un stock permanent de tous les modèles de ces chalumeaux.

Première liste. Région Est :

STRASBOURG : Ets TRUMEL, 6, rue Thiergarten; L'OXYGÈNE LIQUIDE, 46, faubourg de Pierre; M. Louis CUNY, 17, rue Kuhn; NANCY : Ets TRUMEL, 10, rue de Laxou, AUTO INDUSTRIE DE L'EST, 12, avenue du XX^e-Corps; METZ : Ets GUERMONT-WEBER, 6, place des Charrons; THIONVILLE : Ets N. SCHMIT Fils, 3-5, rue Neuve; LONGWY-BAS : Sté des Ets Michel EICHER; COLMAR : Ets FURDERER, 1, Grand Rue; MULHOUSE : Ets WEBER, SENN et BLATTNER, 5, place Franklin; BELFORT : MM. EBSTEIN et Fils, 5, avenue Foch; EPINAL : M. Roger LAJEUNESSE, 30, rue des Minimes.

Région Sud, Sud-Ouest :

BORDEAUX : Ets DESACHE, 69 bis, rue des Trois-Conils; TOULOUSE : Ets BARBIER et BESSON, 2, boulevard Bonrepos; MONTPELLIER : Ets BAURES, 19-21, cours Gambetta (ainsi que dans leurs succursales d'ALÈS, de BÉDARIEUX, de BÉZIERS et de CARCASSONNE) PERPIGNAN : COMPTOIR GÉNÉRAL DE FERS ET QUINCAILLERIE, 29, quai Vauban; PAU : Ets DUPOUTS ET LAPORTE, 22-24 rue Serviez; BAYONNE : Ets DUFOURCET et C^{ie}, 38, quai des Corsaires; MONT-DE-MARSAN : Quincaillerie AUGE. (A suivre.)

RÉUSSIR !

Pour obtenir une situation lucrative ou améliorer votre emploi actuel, votre intérêt est de suivre les cours par correspondance de l'E. N. E. C. Vous réussirez grâce à des méthodes d'enseignement modernes et rationnelles appliquées par d'éminents professeurs. Demandez l'envoi gratuit de la brochure que vous désirez (précisez le numéro).

- Broch. 26.420 : Orthographe, Rédaction.
- Broch. 26.421 : Calcul, Mathématiques.
- Broch. 26.424 : Électricité.
- Broch. 26.425 : Radio.
- Broch. 26.426 : Mécanique.
- Broch. 26.427 : Automobile.
- Broch. 26.430 : Dessin industriel.
- Broch. 26.433 : Sténo-Dactylographie.
- Broch. 26.434 : Secrétariat.
- Broch. 26.435 : Comptabilité.
- Broch. 26.437 : C. A. P., B. P., Commerce.
- Broch. 26.438 : Carrières commerciales.

ÉCOLE NORMALE D'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE 28, rue d'Assas, PARIS (VI^e).



Un poste de radio gratuit

Comme en 1937...

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

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

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

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

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
21, RUE DE CONSTANTINE, PARIS (VII^e)

Chez vous

sans quitter vos occupations actuelles vous apprendrez



la RADIO
C'est en forgeant qu'on devient forgeron...
C'EST EN CONSTRUISANT VOUS-MÊME DES POSTES que vous deviendrez un radiotechnicien de valeur. Suivez nos cours techniques et pratiques par correspondance.

Cours de tous degrés : du Monteur-Dépanneur à l'ingénieur.

DOCUMENTATION GRATUITE

INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE
11, RUE CHALGRIN A PARIS (XVI^e)

ÉCOLE AGRÉÉE
PAR LE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

LA MODE-L'ILLUSTRATION-LA PUBLICITE-LA DECORATION-LA MOD
L'ÉCOLE INTERNATIONALE
LA MODE-L'ILLUSTRATION-LA PUBLICITE-LA DECORATION-LA MOD

Croquis de notre élève Paul Cèze



Quelle joie de créer!

Soyez un Artiste

APPRENEZ UN METIER D'ART

La Décoration, la Mode, la Publicité, l'Illustration sont des métiers qui s'apprennent tout comme les autres. Vous aussi vous pouvez devenir

dessinateur et peintre

grâce à l'incomparable Méthode par Correspondance de L'ÉCOLE INTERNATIONALE : Voir, Comparer, Traduire.

Renseignez-vous aujourd'hui même en demandant le nouvel album en couleurs de l'E. I. Joignez à vos noms et adresse, 20 Frs à votre gré pour tous frais.

Adressez votre lettre à :

L'ÉCOLE INTERNATIONALE

(SERVICE SV 84)

MONTE-CARLO (MONACO) ou 49 bis Avenue Hoche PARIS 8^e

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° 34200. Classes secondaires complètes : Baccalauréats. | N° 34210. Dunamis (Culture mentale pour la réussite dans la vie). |
| N° 34201. Classes primaires complètes : Brevets. | N° 34211. Phonopolyglotte (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol), par le disque. |
| N° 34202. Enseignement supérieur : Licence ès-lettres, Droit. | N° 34212. Dessin artistique : Une vie nouvelle par le dessin et par la peinture. |
| N° 34203. Cours d'orthographe. | N° 34213. Cours d'éloquence. |
| N° 34204. Cours de rédaction : Technique littéraire (Nouvelles, Romans, Théâtre). | N° 34214. Cours de poésie. |
| N° 34205. Formation scientifique (Math., Physique, Chimie). | N° 34215. Formation musicale. |
| N° 34206. Dessin industriel. | N° 34216. Initiation aux grands problèmes philosophiques. |
| N° 34207. Industrie : Préparation à toutes les carrières et aux Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 34217. Cours de publicité. |
| N° 34208. Radio : Certificats de radio de bord (1 ^{re} et 2 ^e classes). | N° 34218. Carrières des P. T. T. et des Travaux publics. |
| N° 34209. Comptabilité : Sténo-dactylo, Préparation à toutes les carrières et aux Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 34219. Écoles d'infirmières et assistantes sociales, Écoles vétérinaires. |

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels.

Parmi les carrières auxquelles prépare par correspondance l'**ÉCOLE DES SCIENCES ARTS**, il convient de faire une place particulière à la carrière de la

COMPTABILITÉ

qui tente aujourd'hui, à juste titre, de nombreux jeunes gens et jeunes filles.

Pour être prêt à occuper un poste d'**Aide-Comptable**, pour acquérir les connaissances nécessaires à un **Chef Comptable**, pour devenir un jour **Expert-Comptable**, suivez chez vous, sans déplacement, sans renoncer à aucune de vos activités, le cours par correspondance.

Argos - Comptabilité

Nul ne saurait honnêtement prétendre qu'une solide formation professionnelle peut s'acquérir sans un effort sérieux et prolongé; mais nous pouvons vous assurer qu'aucune méthode ne vous permettra de l'acquérir aussi aisément et aussi rapidement que la **Méthode Argos**.

Elle supprimera les difficultés que certains enseignements surannés ont peut-être accumulées sous vos pas et qui vous ont fait croire à tort que vous manquez d'aptitude. Elle vous exposera dans des entretiens familiaux, dans un langage clair et vivant, des cas concrets que chacun peut immédiatement comprendre. Elle ne vous proposera que des exercices attrayants et dont vous verrez tout de suite l'intérêt pratique.

Elle vous épargnera toute perte de temps, vous mettra sous la direction des spécialistes les plus éminents, que vous aurez la faculté de consulter personnellement.

Par son efficacité pratique, par sa rapidité, par son prix, la **Méthode Argos** est, à tous égards, la plus avantageuse.

Elle constitue, pour qui le désire, la préparation la plus efficace au **Certificat d'aptitude professionnelle d'Aide-Comptable** (qui peut être abordée sans aucun diplôme, avec une bonne instruction primaire) et au **Brevet Professionnel de Comptable**, ce dernier exigé pour faire partie de l'Ordre des Comptables agréés et Experts-comptables.

Renseignements détaillés dans la brochure n° 34400 que vous recevrez gratuitement sur demande adressée à l'**ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS**, 16, rue du Général-Malletterre, Paris (16^e).

Un Laboratoire sur votre Table

C'est ce que nous vous offrons avec un enseignement complet sur

LA RADIO, LA TÉLÉVISION LE CINÉMA, L'ÉLECTRICITÉ

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

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

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



Demandez aujourd'hui contre 10 Francs notre album S.V. La Radio et ses Applications Métiers d'Avenir



INSTITUT ELECTRO-RADIO

6. RUE DE TÉHÉRAN. PARIS, 8^E

Devenez JOURNALISTE !

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

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

L'ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet
TOULOUSE

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

DEVENIR ÉCRIVAIN est possible à tous ceux...

...qui ont assez de volonté pour s'y préparer. Mais comment y parvenir ? Aujourd'hui il n'y a plus de place pour les médiocres. Celui qui veut réussir doit s'armer afin de mettre de son côté toutes les chances. Écrire est un métier — un métier qui s'apprend.

ÊTRE PUBLIÉ -

Nous pouvons faire pour vous ce que nous avons fait pour tant de nos élèves, maintenant romanciers, journalistes, lauréats de prix littéraires, rédacteurs, publicitaires...

BROCHURE GRATUITE

Écrivez-nous d'urgence et vous recevrez gratuitement notre brochure "L'Art d'Écrire" qui vous apportera des informations inattendues et même une sorte de révélation, ainsi que la réponse aux questions que vous pourriez vous poser sur votre avenir d'écrivain. (Joindre 12 francs pour frais).



"Les isolés à qui manquent si durement les premiers conseils, les plus utiles, peuvent apprendre à distance sinon leur art tout au moins leur métier d'écrivain. Votre initiative mérite d'être pleinement encouragée".

Henri DUVERNOIS



VOUS POUVEZ ESPÉRER...

Car il existe une méthode de technique but est de vous donner une véritable formation professionnelle. Vous verrez votre personnalité s'affirmer, votre vocabulaire s'enrichir, votre style devenir l'expression exacte de votre pensée.

ÉCOLE A.B.C. (RÉDACTION A.I.O.)

12, Rue Lincoln (Champs-Élysées) PARIS (8^e)

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement votre brochure L'ART D'ÉCRIRE

NOM

ADRESSE

Pour la Belgique : 18, Rue du Méridien - BRUXELLES

POSTEZ CE COUPON



René Ravo

*Je
fais
tout...*

- Mes rôtis
- Mes daubes
- Mes fritures
- Mes légumes
- Mes soufflés
- Ma pâtisserie

avec

LE FAIT-TOUT ÉLECTRIQUE **NORDIA**

UNE RÉVOLUTION. L'idée du **MONO-USTENSILE ÉLECTRIQUE** est la formule de demain. Elle permet une économie de moitié sur l'achat du matériel et de 40 % sur la consommation de courant par la suppression des pertes de chaleur.

Les détails de la conception, répondent aux désirs du **CHEF** le plus exigeant : rôtis, daubes, fritures, légumes sautés ou à l'étouffée, plats mijotés, soufflés, pâtisserie, tout est possible. Mieux même "LE FAIT-TOUT" électri-

que **NORDIA** ne demande aucun minutage précis, car il n'**ATTACHE PAS**. Enfin il possède les avantages de la marmite norvégienne.

DESCRIPTION. En aluminium fondu, il comporte dans sa double paroi un corps chauffant le fond et le flanc. Son soubassement est calorifugé.

RÉGLAGE : 3 allures.

CAPACITÉ : 4, 5, 10 litres.

GARANTI 3 années.

RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE.

A partir d'un compteur de 10 ampères

EN PRÉSENTATION AU CORDON BLEU
129, r. du Faubourg-S'-Honoré - M^{me} : S'-Philippe-du-Roule

NORDIA

ATELIER 30

4, Cité Griset. PARIS - XI^e
OBERKAMPF 10-27



aucun obstacle n'est insurmontable...

TANK-400

Le stylo à grande contenance garanti pour l'existence.



Le stylo de l'homme d'affaires

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

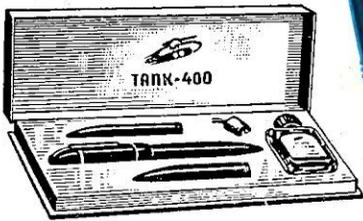
LE TANK-400

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

400 GOUTTES

la capacité de 10 stylos

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



NOUVELLE PRÉSENTATION

Le TANK-400 en écrin de luxe avec ses deux cartouches de recharge et le flacon verseur TANK 400, remplis d'encre BLEU RADIO ou BLEU NOIR *Stevens' extra fluide.*

GARANTIE A VIE - *Ou que vous ayez si le TANK 400 ne vous donne pas satisfaction entière, présentez votre bon de garantie au papeter de la ville; il vous sera échangé immédiatement et sans frais*

DESCRIPTION

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

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

E^{TS} Pierre BAIGNOL & C^O

USINES & BUREAUX : 19, rue de SARTORIS

LA GARENNE-COLOMBES (SEINE)