

SCIENCE ET VIE

OCTOBRE 1946

N° 349

30 FRANCS



Bénéficier...

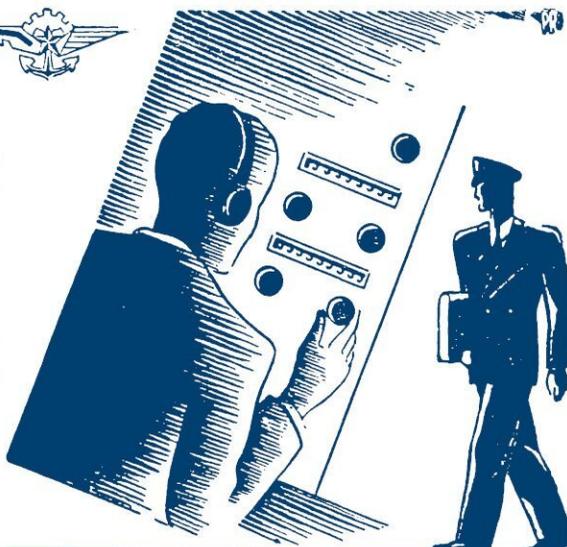
toute votre vie du renom d'une Grande Ecole Technique

Devenir...

un de ces spécialistes si recherchés, un technicien compétent,

En suivant...

les cours de l'



ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR
OU PAR CORRESPONDANCE

Demander le Guide des Carrières gratuit

" LE DESSIN FACILE "

enseigne PAR CORRESPONDANCE

Tous les genres de dessin



" LE DESSIN FACILE "

Croquis, paysage, portraits, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc., magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.



" LA PEINTURE FACILE "

Mélanges et harmonie de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.



DESSIN DE MODE

Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles, le mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc.

" JE DESSINE "

Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants, de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin.



DESSIN D'ILLUSTRATION

Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revue, journaux, etc.



DESSIN DE PUBLICITÉ

Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire.



DESSIN ANIMÉ

Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.



★ Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 35 ans. Les témoignages enthousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.

BON
88

Demandez aujourd'hui la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse.

" LE DESSIN FACILE " 11, RUE KEPPLER, PARIS-16

LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

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

Demandez la Notice-programme SV 89 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16 (Joindre 10 fra en timbres)

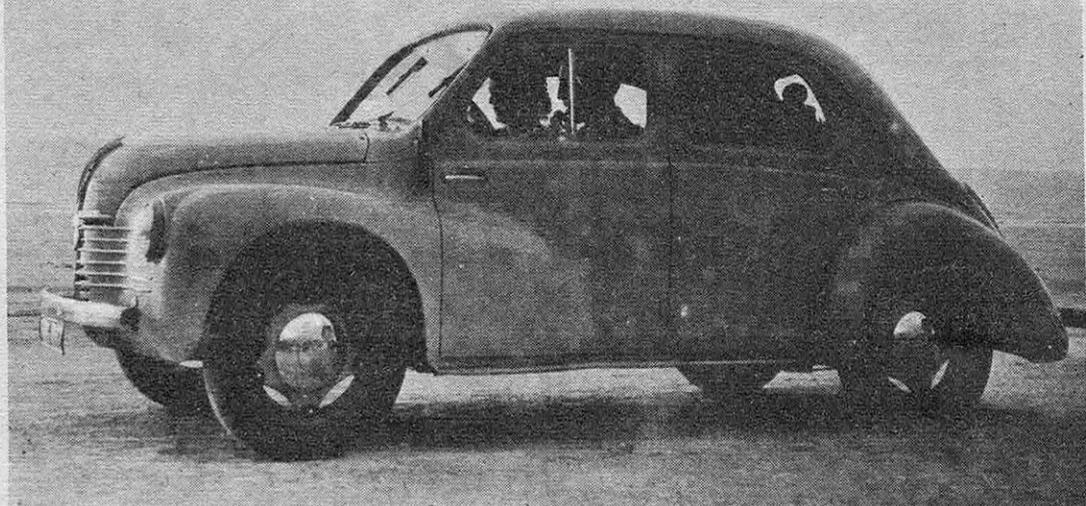
La nouvelle 4 CV RENAULT est née...

mais elle ne sortira, en très grande série,
que vers le milieu de l'année prochaine.

90 km à l'heure — 6 litres aux 100 km.

Poids : 520 kgs — 4 places confortables.

Moteur 4 cylindres, situé à l'arrière.



OCIA Éditions, 32, rue de Londres, PARIS (9^e)

LA SCIENCE, la technique, transformant profondément les conditions d'existence des hommes et aussi les lois économiques. Examinant les conséquences du progrès, une école d'économistes — dite de l'Abondance — analyse les causes réelles des bouleversements qui secouent l'humanité : **CHOMAGE, CRISES, GUERRES**, et, connaissant les causes, peut proposer des remèdes indiscutables.

Si donc vous voulez **COMPRENDRE** les événements passés, **PRÉVOIR** ceux à venir, **CONNAITRE** les seuls moyens de tirer notre pays des dangers où il court, vous lirez l'un des volumes les plus complets de cette école :

L'ÉCONOMIE QU'IL NOUS FAUT par Élysée REYBAUD, Ingénieur E. I. M.

VOUS Y TROUVEREZ NOTAMMENT : Les différentes théories monétaires et économiques modernes (Économies libérales, dirigées, socialistes). — La situation économique et sociale des divers États (U. S. A., Allemagne, Italie, etc.), et une très longue étude impartiale sur l'économie et la vie en U. R. S. S.). — Toute l'économie de la France, disséquée depuis l'avant-guerre jusqu'à ce jour. — L'inventaire détaillé de ses ressources, avec et sans nos colonies. — Les problèmes des salaires, prix, change, budget, etc. — L'avenir du franc. — Les accords internationaux en cours et le futur commerce mondial. — Les probabilités de paix, de guerre et de troubles. — L'estimation du Revenu National français, passé, présent et à venir. — La possibilité d'une nouvelle économie, dite : Distributive. — Les modifications sociales et psychologiques, l'élévation considérable et rapide du niveau de vie général qu'elle amènerait. — Une belle lueur d'espoir pour notre pays.

Le tout avec **DES CHIFFRES, DES TABLEAUX, DES DOCUMENTS.**

Cette puissante étude de 432 pages de 15 x 22,5 cm., qui se réfère à plus de 150 ouvrages cités en Bibliographie, est facile à lire grâce à son objectivité, à son style clair, à sa composition coupée de 560 titres et sous-titres.

Si votre libraire n'a pas ce livre, demandez-le directement à son auteur :

E. REYBAUD, Case postale 32, Colbert-MARSEILLE (Chèques postaux 90-63).

Envoi immédiat recommandé, après paiement de 300 francs (en billets, chèque, mandat ou virement) ou contre remboursement de 320 francs. (Étranger : paiement d'avance de 350 francs.)

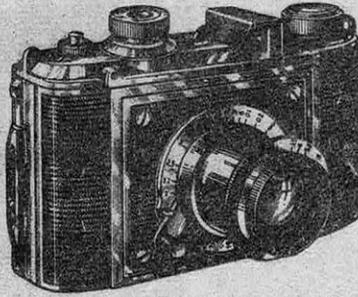
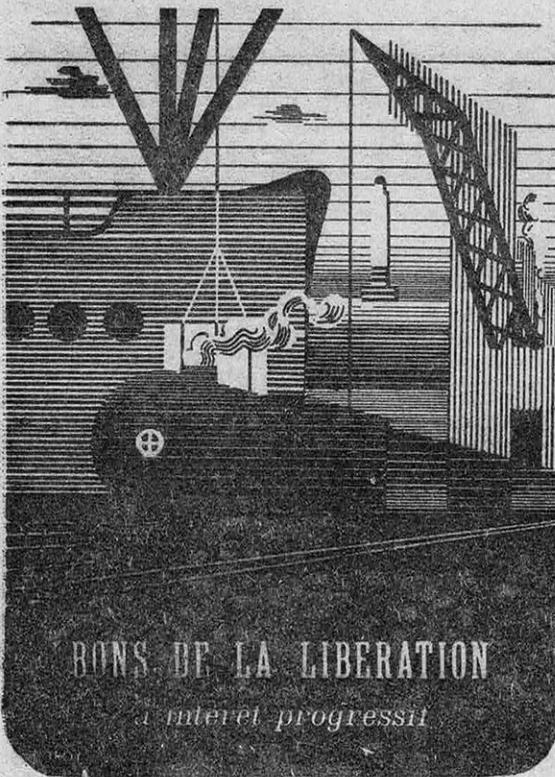


PHOTO
CINÉ
RADIO

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE, PARIS 9^e

Catalogue T - 10 frs Fco



BONS DE LA LIBERATION
à intérêt progressif

PUBLICIS

AU SEC
 AU CHAUD
 A L'AISE
 DANS UNE
 CANADIENNE

DOUBLEE
 MOUTON
 9000^r

V7J

Valentin

LE ROI DES CAOUTCHOUCS

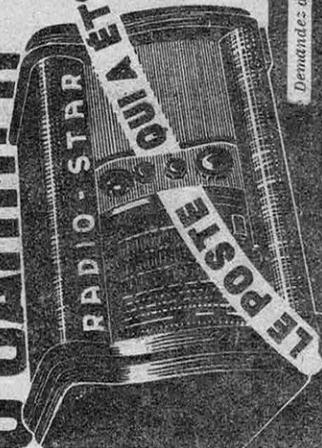
6 Avenue de CLICHY - Métro Pl. Clichy
 158 Rue LAFAYETTE - Prés G. du Nord

Demandez
 le Catalogue
 Illustré
 N° 4

LYON. ROUEN. LILLE. STRASBOURG BOR

3 BANDES O. C. ÉTALÉES
ÉMETTEURS AMÉRICAINS
PLUS DE 200 STATIONS REÇUES

5 GAMMES



RADIO-STAR

3 MODÈLES A PARTIR DE 7.950 FR.
5 GAMMES

PRÉSENTATION INÉDITE
TECHNIQUE NOUVELLE
GARANTIE TOTALE

Demander documentation illustrée. Joindre timbre

RADIO-SEBASTOPOL 100 B - SEBASTOPOL PARIS
FOURNISSEUR DES P.T.T. - PREFECTURE - S.N.C.F. - G^{es} ADMINISTRATIONS.

Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

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

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

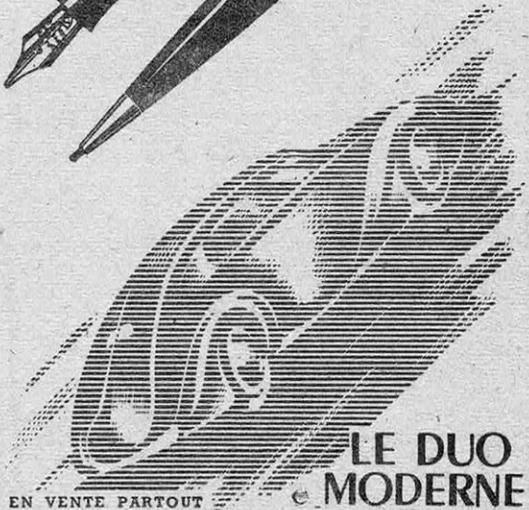
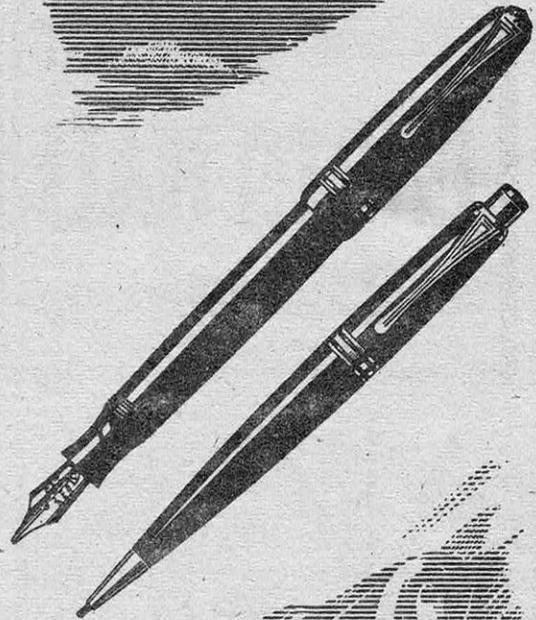
- BROCHURE L. 99.440.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.
- BROCHURE L. 99.441.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.
- BROCHURE L. 99.442.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.
- BROCHURE L. 99.443.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.
- BROCHURE L. 99.444.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...
- BROCHURE L. 99.445.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- BROCHURE L. 99.446.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.
- BROCHURE L. 99.447.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HÔTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- BROCHURE L. 99.448.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.
- BROCHURE L. 99.449.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...
- BROCHURE L. 99.450.** — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.
- BROCHURE L. 99.451.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.
- BROCHURE L. 99.452.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).
- BROCHURE L. 99.453.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariat, Bibliothèque, etc...)
- BROCHURE L. 99.454.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.
- BROCHURE L. 99.455.** — ARTS DU DESIN : Professorats, Métiers d'art, etc...
- BROCHURE L. 99.456.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...
- BROCHURE L. 99.457.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.
- BROCHURE L. 99.458.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS

CH. LEROUX

pend
flavo



EN VENTE PARTOUT

LE DUO
MODERNE

Edacoto 87
"Le stylo de France"

EN STOCK

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

Voici quelques ouvrages sélectionnés :
L'ABEILLE ET SON TRAVAIL. Un traité complet et captivant d'apiculture écrit en captivité par un groupe de fervents apiculteurs. 2 tomes : fr. **170**

TRAITÉ PRATIQUE D'AUTOMOBILE. Toute la technique moderne de l'automobile. Important chapitre sur le dépannage. Nomb. illustr. Les 2 tomes : fr. **230**

LES PANNES D'AUTOMOBILE. Leurs causes et leurs remèdes. Mise au point des moteurs. fr. **150**

A. B. C. DU VÉLOMOTEUR. Caractéristiques, fonctionnement, conduite, entretien et dépannage. Important chapitre sur les moteurs auxiliaires. fr. **45**

TECHNOLOGIE ÉLECTRIQUE. L'ouvrage le plus complet et le plus moderne sur les applications pratiques de l'électricité. Les 2 tomes : fr. **360**

L'ŒIL ÉLECTRIQUE. Photo-électricité et cellules photo-électriques. Les multiples possibilités d'emploi dans la vie moderne. fr. **66**

LA RADIO ? MAIS C'EST TRÈS SIMPLE ! Le meilleur ouvrage de vulgarisation et le plus agréable à étudier. fr. **100**

COURS COMPLET POUR LA FORMATION TECHNIQUE DES RADIOS MILITAIRES ET CIVILS. Notions de physique. Électricité. Théorie de la radiotransmission. Études pratiques des appareils de trafic les plus modernes. 500 pages. fr. **300**

QU'EST-CE QUE LA RADIESTHÉSIE ? Ses origines. Ses méthodes. Échecs et succès. Les possibilités d'avenir. fr. **130**

LES CONSTRUCTIONS ET BRICOLAGES DU PHOTOGRAPHE. Appareils et accessoires divers. Moyens simples pour opérer à peu de frais. fr. **90**

A. B. C. DU JUDO. Origines. Théorie et pratique de l'art de se défendre avec le jiu-jitsu. fr. **60**

LE POUVOIR DE LA VOLONTÉ. Sur soi-même. Sur les autres. Sur le Destin. Ou l'art de réussir dans la vie. fr. **75**

GUIDE MICHELIN 1946. fr. **180**

NOUS DEUX. Étude sur l'hygiène conjugale et la procréation volontaire. fr. **33**

LA DÉTERMINATION DU SEXE. Comment prédire le sexe de l'enfant avant sa naissance. Une conception dirigée permet-elle d'obtenir l'enfant du sexe désiré ? fr. **180**

DOCTRINES ÉCONOMIQUES ou l'évolution économique au cours des siècles. fr. **330**

LE CREUSOT. Une passionnante étude de la plus ancienne et plus puissante grande entreprise française, véritable berceau de la grosse industrie. fr. **250**

ÉNERGIE ATOMIQUE ET UNIVERS. Du microscope électronique à la bombe atomique. Un sujet captivant et bien d'actualité. fr. **260**

COMPAS AMÉRICAIN D'ORIGINE. Les 3 pièces : pointe sèche, tire-ligne et porte-mine. fr. **460**

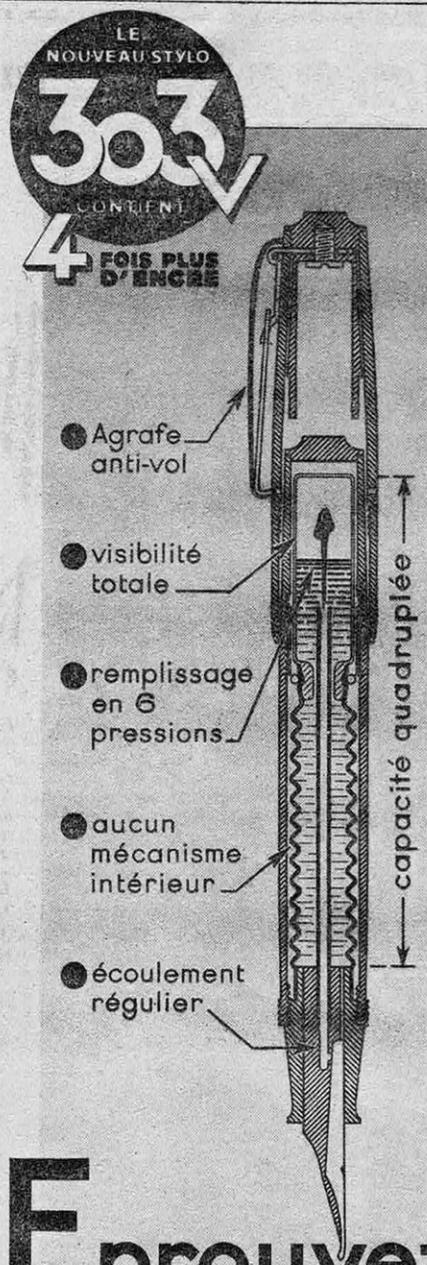
MÉTHODE MIMÉPHONE pour apprendre l'anglais chez soi, comprenant 15 disques double face, l'ouvrage L'anglais par l'image et un dictionnaire. fr. **2.150**

CATALOGUE GÉNÉRAL N° 12 (Édition juillet 1946) contenant les sommaires d'un millier d'ouvrages sélectionnés (Automobile, Électricité, Radio, Mécanique, Aviation, Dessin, Photo, Sciences Occultes, Bricolage, etc.). fr. **10**

Expéditions immédiates contre mandat à la commande.
Port et emballage : 20% jusqu'à 100 franc (avec minimum de 12 francs, 15% de 100 à 300 et ensuite 10%).

SCIENCES & LOISIRS

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



E prouvez
la réelle supériorité
technique du 303
Breveté par les Établissements

STYLOMINE

Usines et Bureaux : 2, rue de Nice, Paris

Dessiner = Joie de Vivre



Ce croquis magnifique de brio, a été enlevé par un de nos élèves qui a suivi nos leçons par correspondance. Vous pouvez recevoir cet enseignement en province aussi facilement que si vous habitez Paris.

**IL EXISTE UN
COURS SPÉCIAL
POUR ENFANTS
DE 8 A 13 ANS.**

Justement c'est la méthode A.B.C. enseigne le dessin d'une manière à la fois amusante et instructive ! Dès la première leçon, vous ferez des dessins qui vous étonneront ! Vous n'auriez jamais pensé obtenir de tels résultats aussi rapidement !

La caractéristique de la méthode est de faire travailler tout de suite d'après nature. Quelle joie de créer des œuvres personnelles, d'exercer son esprit d'observation, son sens de l'humour en réalisant d'amusantes caricatures ; quelle joie de conserver en croquis vivants, les attitudes, les traits de ceux qui vous sont chers.

D'autre part, si vous voulez apprendre le dessin dans un but pratique, vous pouvez vous spécialiser, sans frais supplémentaires, dans le dessin d'illustration, la publicité, la mode, la décoration, le dessin humoristique, le portrait, etc.

DEMANDEZ LA NOUVELLE BROCHURE DE RENSEIGNEMENTS

Un luxueux album qui vient d'être édité, vous est offert gratuitement pour vous renseigner d'une manière très complète sur la méthode et le programme de l'Ecole A.B.C. En écrivant, donnez-nous des détails : avez-vous déjà dessiné ? Quel but voulez-vous atteindre ? Précisez s'il s'agit d'un adulte ou d'un enfant de 8 à 13 ans (joindre 6 Francs pour frais).

ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN (STUDIO M. 1) 12, R. Lincoln, PARIS

UN ACCENT IMPECCABLE

- ANGLAIS
- ESPAGNOL
- ALLEMAND
- RUSSE

en un "temps record"

LINGUAPHONE VIENT DE RECEVOIR DE NOUVELLES SERIES DE DISQUES EN CES QUATRE LANGUES — HATEZ-VOUS D'EN PROFITER !

Tout Français a besoin de connaître au moins une de ces langues

Vous parlerez une de ces quatre langues en très peu de temps avec un accent impeccable "comme si vous aviez vécu dans le pays même". Vous n'y croyez pas ? Alors renseignez-vous sur la méthode Linguaphone et vous serez émerveillé des résultats.

Du reste, vous pouvez faire un essai gratuit chez vous dans la langue de votre choix. Une brochure explique combien il est facile d'apprendre une langue par Linguaphone. Ecrivez sans tarder, cette brochure vous sera envoyée gratuitement et franco : vous y trouverez une documentation complète sur cette merveilleuse méthode. Elle vous indiquera comment vous pouvez faire un essai gratuit, chez vous, sans aucun engagement. Stipulez la langue qui vous intéresse.

INSTITUT LINGUAPHONE (Dépt. F3) 12, Rue Lincoln - PARIS (8^e)



Un poste de radio gratuit

Comme avant la guerre...

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

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

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

Documentation gratuite affranchie philatéliquement sur demande :

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE

51, BOULEVARD MAGENTA · PARIS 10^e



*Une Situation
d'avenir en
étudiant chez soi*

DESSIN INDUSTRIEL RADIO

Méthode d'enseignement
INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE
sous la direction de pro-
fesseurs de valeur.

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

BACCALAURÉATS TECHNIQUES
... des carrières sédui-
santes et bien rémunérées.

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

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

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

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

DOCUMENTATION GRATUITE
RÉPÉRIER LA BRANCHE CHOISIE



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

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

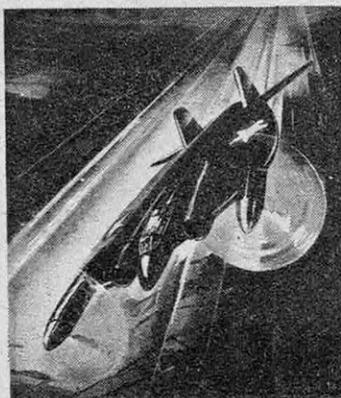
SCIENCE ET VIE

Tome LXX - N° 349

Octobre 1946

SOMMAIRE

- * Avions sans queue et ailes volantes, par Jean Castellan..... 147
- * La Radionavigation, par J. Piergo..... 159
- * Le rôle des troupes aéroportées dans une guerre future, par Camille Rougeron 168
- * Le chauffage domestique par l'électricité, par J. Marchand. 178
- * Une nouveauté en téléphonie automatique : l'ipsophone, par Gilbert Bloch..... 187
- * Fusées ionosphériques, par Yves Le Vernois..... 190
- * A côté de la Science, par V. Rubor..... 192



La technique aéronautique franchit actuellement une étape importante de son évolution, marquée par l'apparition, des deux côtés de l'Atlantique, de prototypes originaux, répudiant les formules d'avions classiques et réalisant cependant des performances souvent sensationnelles. Tel fut, dans la catégorie sans queue, le De Havilland DH-108 « Swallow » avec lequel on espérait battre le record mondial de vitesse pure ; ou le Northrop XB-35, gigantesque aile volante de 52 m d'envergure et pesant 90 tonnes, dont le rayon d'action atteint 16 000 km. La couverture de ce numéro représente un avion de combat de la marine américaine, le Chance-Vought « Skimmer », remarquable aile volante de faible envergure, qui posséderait la précieuse faculté d'atteindre une vitesse maximum très élevée, proche de 850 km/h, et une vitesse minimum très basse, 30 km/h et même moins. Ainsi des conceptions qui n'avaient jusqu'ici donné lieu qu'à des tâtonnements ou à quelques timides réalisations, sont reprises aujourd'hui par les constructeurs les plus qualifiés, avec l'appui des puissants moyens de recherche des laboratoires aérodynamiques spécialisés. (Voir l'article, page 147 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 : Elysées 26-69. — Publicité :
24, rue Chauchat, Paris (IX^e). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits
de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie »,
octobre mil neuf cent quarante-six.

ABONNEMENTS. — Afferanchissement simple : France et Colonies, 300 francs ; Étranger, 450 francs.
Recommandé : France et Colonies, 400 francs ; Étranger, 600 francs.

Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.
Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.
La table générale des matières des vingt premières années (n° 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.

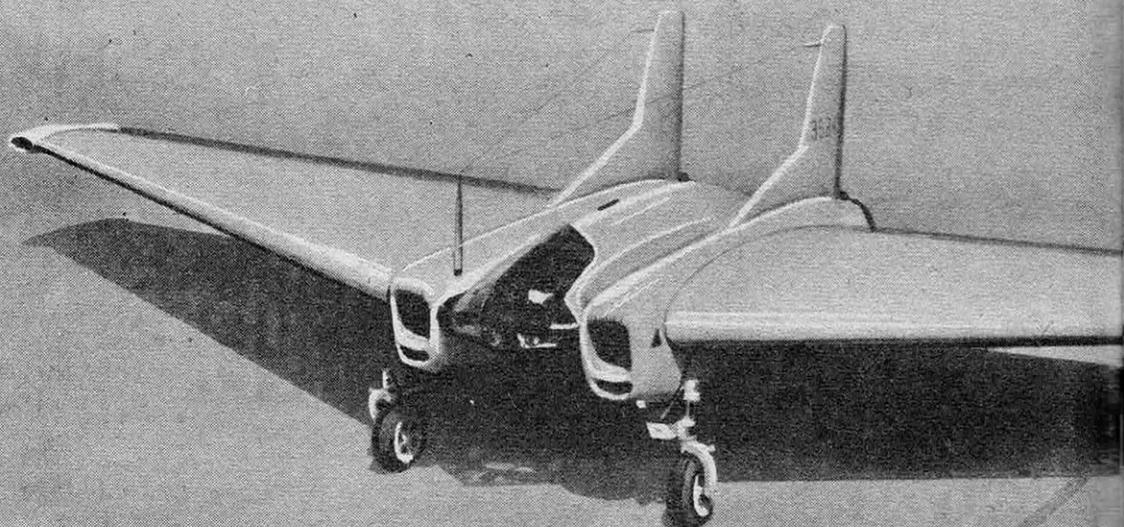


FIG. 1. — LE « FLYING RAM » A RÉACTION NORTHROP
XP-79

Dans cet appareil, d'envergure 11,60 m, propulsé par deux réacteurs qui lui assurent une vitesse de 800 km/h, le pilote est en position couchée afin de mieux pouvoir supporter les accélérations dans les virages courts et dans les ressources après piqués.

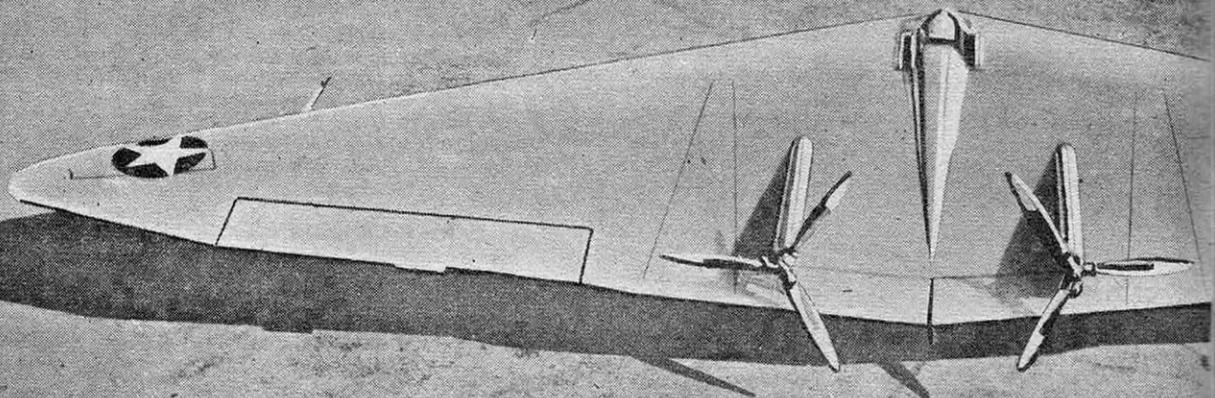
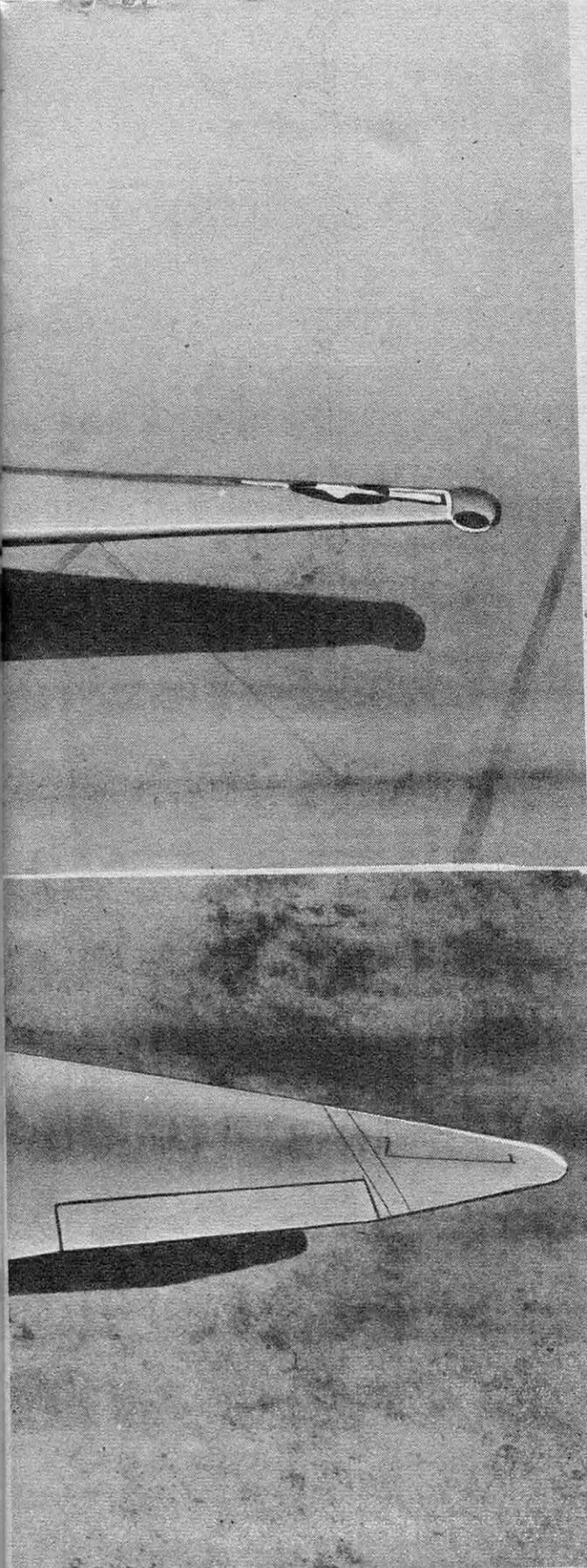


FIG. 2. — LA VERSION MODIFIÉE DE L'AILLE VOLANTE
NORTHROP N1-M

Cet appareil, destiné à la chasse, qui accomplit ses premiers vols en 1940, comportait dans sa première forme une aile coudée obliquement aux extrémités; la deuxième version, représentée ici, réalisée avec les ailes droites, s'est révélée aussi stable et maniable.



AVIONS SANS QUEUE ET AILES VOLANTES

par Jean CASTELLAN

Ancien Élève de l'École Polytechnique

Depuis les premiers vols des pionniers de l'aviation, la technique aéronautique s'est cristallisée en quelque sorte autour de la formule, aujourd'hui classique, de l'appareil comportant un fuselage avec aile de grande envergure à l'avant et empennage muni de gouvernes à l'arrière. Cinquante années de recherches ont amené cette formule à sa quasi-perfection actuelle. Elle est cependant loin d'être la seule possible et peut-être même la plus rationnelle. Les appareils à voilure tournante, après quelque vingt années de tentatives infructueuses, sont maintenant à l'ordre du jour, surtout depuis les réalisations de Sikorsky aux États-Unis : l'hélicoptère, libéré de la sujétion d'utiliser les vastes pistes d'aérodromes spécialement aménagés, à laquelle sont soumis tous les autres appareils volants, sera, sans doute, l'avion-taxi et l'avion privé d'un proche avenir. Dans le domaine des vitesses élevées, le désir constant d'éliminer toutes résistances parasites pour utiliser au maximum les précieuses propriétés des profils d'ailes étudiés dans les laboratoires aérodynamiques des deux mondes a remis en honneur les formules d'avions sans queue, d'où dérives et gouvernes habituelles ont disparu, et d'ailes volantes sans fuselage. Les délicats problèmes qu'ils soulèvent du point de vue stabilité et maniabilité ont reçu récemment des solutions si satisfaisantes que les réalisations se multiplient dans le monde entier, depuis les simples planeurs de quelques centaines de kilogrammes et les chasseurs à réaction jusqu'aux gros bombardiers multimoteurs de 90 t.

DÉPUIS la première guerre mondiale qui a marqué l'arrivée de l'aviation au stade de l'application pratique, les progrès se sont poursuivis à un rythme accéléré ; les vitesses et les plafonds ont augmenté, avec des moteurs multiples et de plus en plus puissants, entraînant des hélices bipales, tripales ou quadripales à pas variable ; la forme a évolué également, les ailes s'étant surbaissées et profilées et leur position ayant reculé par rapport à la carlingue devenue fuselage et débarrassée de tous accessoires extérieurs nuisant à l'avancement.

Malgré les remarquables résultats ainsi obtenus par perfectionnements successifs de la formule, aujourd'hui classique, de l'aile de grande envergure et du fuselage portant en queue les empennages stabilisateurs et les gouvernes de direction et de profondeur, les recherches n'en continuaient pas moins, avec des fortunes diverses, dans d'autres directions, sur des voies moins rebattues. Elles sont parvenues, au cours de ces dernières années, au stade des réalisations pratiques. Ces travaux ont porté — pour laisser de côté le domaine du moteur que sont en train de révolutionner les turbines à gaz, les turboréacteurs et les fusées — d'une part sur le remplacement de la voilure fixe par la voilure tournante (hélicoptères) sur laquelle nous ne nous étendrons pas ici, d'autre part sur la suppression des empennages et gouvernes classiques, en vue de réaliser, par réduction des dimensions du fuselage, ce qu'on appelle l'avion sans queue, et même, par intégration de ce fuselage dans l'aile, la véritable aile volante.

L'avion d'Ader (1890) était déjà un avion sans queue. Dans ses grandes lignes, ce type d'appa-

reil est donc loin de constituer une nouveauté. A peu près complètement délaissé par les grands constructeurs et abandonné à des chercheurs dispersés, il n'a progressé que lentement, surtout parce que les bases aérodynamiques indispensables à son développement faisaient défaut. Nous allons examiner dans leurs grandes lignes les principes sur lesquels repose l'avion sans queue et les problèmes particuliers qu'il soulève.

La recherche de la finesse

Si l'on considère un avion moderne et qu'on le compare aux appareils correspondants d'il y a seulement une quinzaine d'années, on ne peut qu'être frappé par la pureté de ses lignes. Tous les organes accessoires et toutes les saillies inutiles ont disparu. On a éliminé les mâts, les haubans, les traverses, caréné soigneusement le fuselage et éventuellement les tourelles, capoté les moteurs, profilé les radiateurs, rendu le train d'atterrissage éclipable en vol. Cette recherche de la « finesse » a été étendue à d'autres éléments où elle est moins apparente pour le profane. C'est ainsi que l'on s'est efforcé de combattre tous les effets aérodynamiques nuisibles dus à la déformation en vol des toiles de revêtement, en généralisant les revêtements métalliques en alliages légers qui participent d'ailleurs à la rigidité structurale (revêtements travaillants). Les têtes des rivets sont noyées dans la masse et toute rugosité est soigneusement éliminée pour obtenir des surfaces extérieures parfaitement lisses et polies.

Pourquoi, dans ces conditions, ne pas aller beaucoup plus loin et envisager la suppression des deux éléments qui, manifestement, constituent pour l'avion classique une très lourde sujétion : le fuselage et l'empennage porteur des gouvernes ? On admet généralement que, pour un avion moderne, la « traînée » ou résistance à l'avancement, se répartit de la façon suivante : 1/2 pour l'aile, 1/3 pour le fuselage, 1/6 pour l'empennage. Compter sur une réduction de moitié serait évidemment chimérique et simpliste. Il faut, pour chiffrer d'une manière un peu plus précise le gain que l'on peut raisonnablement espérer de la forme sans queue (si gain il y a), faire entrer en ligne de compte les modifications de structure que vont entraîner pour l'aile les nouvelles fonctions qui vont lui incomber.

Le problème du chargement

Il va falloir tout d'abord répartir dans l'aile les charges habituellement logées dans le fuselage et qui sont d'ailleurs la raison d'être de l'avion. Il va de soi que le logement des charges dans l'aile ne peut se concevoir que pour des appareils de grandes dimensions : pour les avions légers, on sera bien obligé de conserver au moins un embryon de fuselage pour y loger le pilote. A bord d'une aile volante, on disposera sans peine l'équipage, les passagers éventuels et le fret dans la partie centrale où la hauteur est la plus grande, tandis que le carburant trouvera sa place dans les parties extrêmes de l'aile. Il faut cependant faire observer que, par suite de la forme en flèche prononcée que l'on est conduit à adopter, la consommation de carburant au cours du voyage se traduit, sur un avion à grand rayon d'action, par un déplacement du centre de gravité qui peut devenir gênant. On palliera cet inconvénient en logeant une partie du carburant à l'avant pour que le

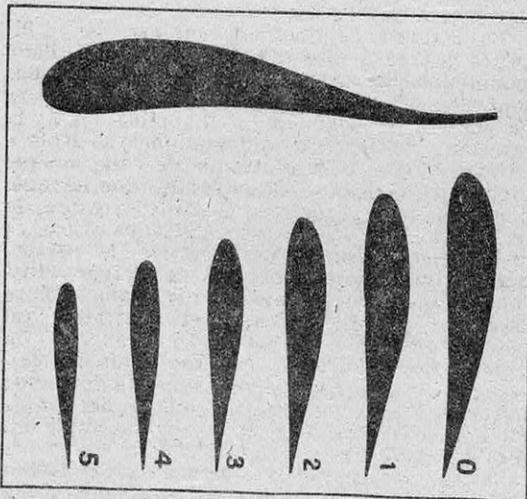


FIG. 3. — PROFIL AUTOSTABLE ET SÉRIE DE PROFILS A GAUCHISSEMENT AÉRODYNAMIQUE

Pour équilibrer un avion sans queue, il est nécessaire soit d'employer un profil autostable à double courbure (en haut) soit, si l'aile présente une flèche suffisante, de lui donner un gauchissement tel que les extrémités d'aile jouent vis-à-vis de la partie centrale le rôle de stabilisateur. Lippisch a réalisé une série de profils donnant un « gauchissement aérodynamique », ces profils étant tracés par génération linéaire à partir d'un profil central à convexité vers le haut et d'un profil extrême à convexité vers le bas (en bas).

centre de gravité ne se déplace que dans des limites acceptables.

Le problème de la stabilité

A l'extrémité du fuselage des avions classiques, ou portés par des poutres sur certains types à fuselage réduit, se trouvent des plans fixes : stabilisateur horizontal et dérive, ainsi que les gouvernails de profondeur et de direction. Ces plans fixes jouent un rôle capital pour la stabilité de l'avion en vol.

Une machine volante quelconque doit, en effet, pour chaque régime de vol, se trouver en équilibre sous l'action des différentes forces qui s'exercent sur elle. Cet équilibre, qui doit subsister même avec arrêt de certains ou de la totalité des propulseurs, doit être stable, c'est-à-dire que, si une petite perturbation vient à écarter l'appareil de sa position d'équilibre, il doit y retourner de lui-même dès que la perturbation cesse de se faire sentir. Cette *stabilité statique* ne doit d'ailleurs pas être trop accusée, car l'avion y perdrait en maniabilité. La *stabilité dynamique* caractérise la manière dont l'avion retourne après perturbation à sa position d'équilibre : il doit le faire, sinon par un mouvement apériodique, du moins par un mouvement oscillatoire à longue période rapidement amorti. On distingue entre la *stabilité transversale* (en inclinaison autour de l'axe longitudinal de l'avion), la *stabilité longitudinale* (autour de l'axe transversal) et la *stabilité de route* ou *stabilité en dérive* (autour de l'axe vertical).

La *stabilité transversale* peut, dans l'avion sans queue, être aussi facilement assurée que dans l'avion à fuselage par une forme transversale en léger dièdre. Sur certains appareils,

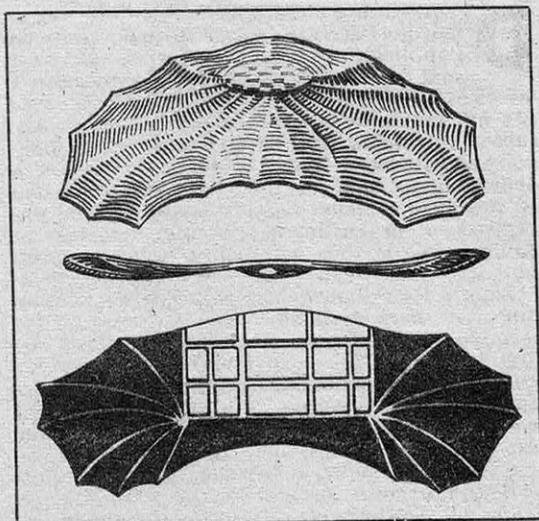


FIG. 5. — GRAINE DE ZANONIA ET AVION ETRICH-WELS

Le *Zanonian macrocarpa* est une curieuse plante japonaise de la famille des Concombres, dont la graine, portée par une membrane de tissu léger et raide pouvant atteindre 20 cm d'envergure, est susceptible, portée par le vent, d'accomplir de longs parcours. Cette graine a, dès le siècle dernier, fourni une base aux recherches des inventeurs (Friedrich Ahlhorn, 1897). En 1906, Etrich et Wels construisirent un planeur monoplane (en bas) dont la forme reproduisait exactement celle de la graine de *Zanonian*.

tels que les Northrop N1 - M et XP - 56, elle est remplacée par le repliement vers le bas des extrémités d'ailes.

La *stabilité longitudinale* soulève des difficultés beaucoup plus grandes. Les profils d'aile communément employés sur les avions actuels sont dépourvus de stabilité propre. Le centre de poussée du profil (point d'application de la résultante des forces aérodynamiques) se déplace en effet vers le bord d'attaque de l'aile lorsque l'incidence augmente. Il en résulte que, lorsque, pour une raison quelconque, l'aile se cabre, la poussée avance vers le bord d'attaque et exerce un moment cabreur qui aggrave la perturbation. C'est pour combattre ce facteur d'instabilité que l'on complète l'aile d'une voilure secondaire créant un moment contraire, qui peut être placée à l'avant (avion « canard ») ou plus communément à l'arrière (empennage). Cette ressource fait défaut avec l'avion sans queue, et il faut donc choisir pour lui des profils d'aile dotés de stabilité propre, par exemple des profils à double courbure (en S) dont le bord de fuite est légèrement relevé vers le haut (solution Fauvel) ou bien, si l'aile présente une flèche suffisante, en lui donnant un certain gauchissement (aile « vrillée ») de façon que les bouts d'aile aient une incidence plus faible que la partie médiane, par rapport à laquelle ils occupent une position postérieure, et qu'ils puissent ainsi jouer le rôle de stabilisateur (solution Dunne). Il suffit d'ailleurs d'un « gauchissement aérodynamique » et non nécessairement géométrique, obtenu par exemple en donnant aux extrémités d'ailes un profil inversé (convexité vers le bas) (fig. 3).

Si l'étude approfondie des profils et des inci-

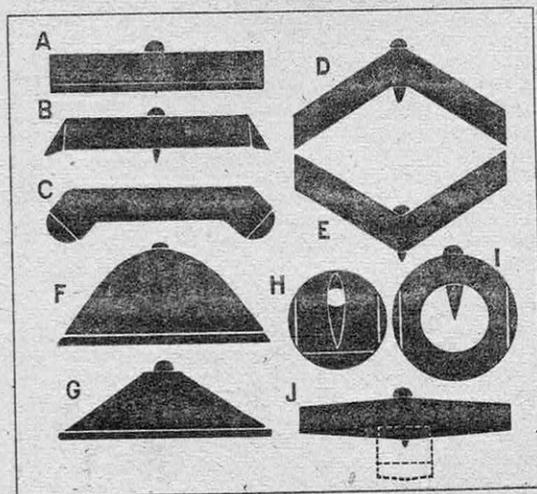


FIG. 4. — LES DIFFÉRENTES SILHOUETTES THÉORIQUES D'AILES VOLANTES

A, type planche volante (Arnoux, Fauvel); — B, type planche stabilisée (Steiger, Dunne, Fauvel); — C, type graine de *Zanonian* (Weiss, Etrich et Wels, von Parseval); — D, type en flèche (Dunne, Soldenhoff, Horten, Northrop); — E, type « busard » (Lippisch, Landwerlin et Berreuer); — F, type parabole (Tschernowsky); — G, type Delta (Lippisch, Horten); — H, type en disque (Hoffmann, Canova); — I, type en anneau (Huth, Cedric Lee); — J, type à queue rétractable (Mentzen).

dences peut ainsi conduire à une très bonne autostabilité, il faut reconnaître que cela n'est obtenu qu'aux dépens de la portance. On sera donc conduit, à poids total égal, à accroître la surface portante. Le problème est encore compliqué du fait que les surfaces de commande, ailerons et gouvernails de profondeur, qui sont installés au bord de fuite de l'aile, auront une action défavorable sur sa stabilité lorsqu'ils seront mis en action dans le sens du piqué. En outre, les interactions aérodynamiques dues au fuselage des habitacles, aux fuseaux moteurs, au souffle des hélices, exercent une action défavorable sur la stabilité, plus encore que sur les avions normaux puisque leur effet relatif est plus grand. Il y aura avantage à utiliser des hélices propulsives, car le moment destabilisateur exercé par les hélices tractives est plus important en montée, c'est-à-dire justement alors que la voilure est déjà à son minimum de stabilité.

La stabilité de route est assurée en principe par des surfaces verticales de dérive qui, sur les avions ordinaires, font partie intégrante de l'empennage ; sur les avions sans queue à fuselage réduit, on placera facilement une dérive verticale avec gouvernail de direction à son arrière (Northrop XP - 56, De Havilland DH-108). Sinon, on pourra adapter des disques marginaux à l'extrémité des ailes (Armstrong-Whitworth AW - 52 G, Handley-Page « Manx »). Sur les avions sans queue, ces dérives semblent d'autant plus efficaces que, l'aile ayant toujours un grand développement, elles agissent avec un grand bras de levier. Elles peuvent aussi améliorer la stabilité transversale de l'appareil si on leur donne des formes et des inclinaisons convenables par

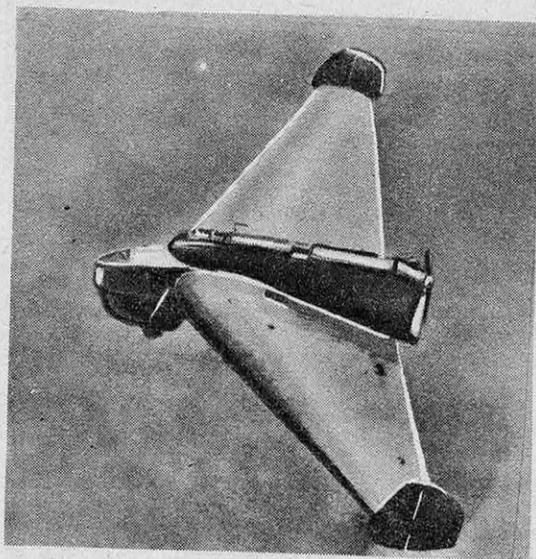


FIG. 6. — LE DELTA I

Cet avion biplace, construit par Lippisch, fit son premier vol en été 1931; équipé d'un moteur léger Bristol « Cherub » de 30 ch, il comportait deux paires de volets, les volets extérieurs servant d'ailerons et les volets intérieurs de gouvernail de profondeur; il permit d'exécuter des exercices acrobatiques avec une stabilité parfaite.

rapport aux plans principaux de l'appareil. Au demeurant, certains constructeurs ont mis en doute la nécessité de telles dérives, dont on peut dire qu'elle n'est pas démontrée; plusieurs avions sans queue, et non des moindres (Northrop XB - 35), en sont totalement dépourvus.

Les gouvernes

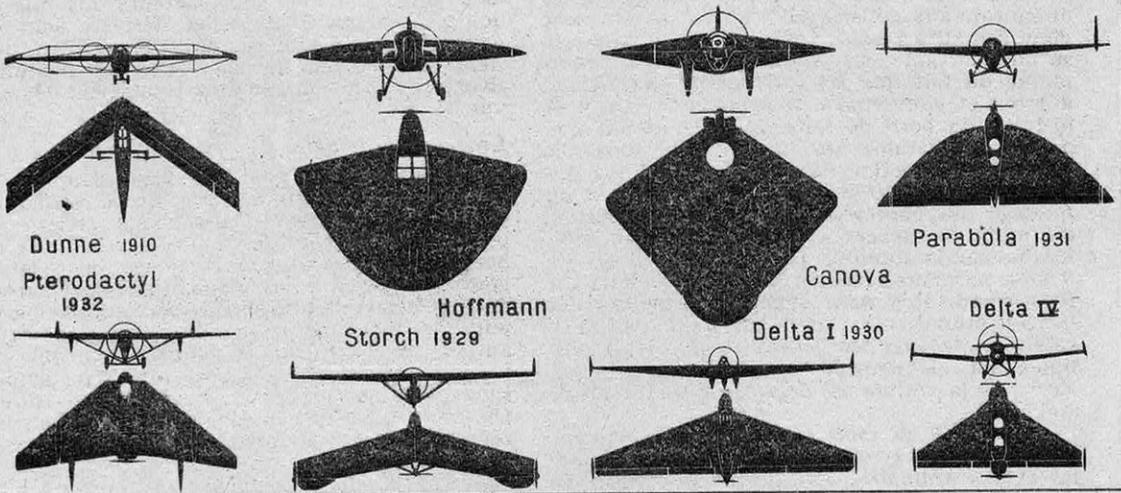
Les gouvernes d'un avion usuel comportent un gouvernail de profondeur et un gouvernail de direction placés sur l'empennage arrière et, pour le mouvement de roulis, des ailerons au bord de fuite des ailes. Le braquage d'une de ces gouvernes engendre un moment primaire autour de l'un des trois axes principaux de l'avion et aussi des moments secondaires autour des deux autres axes, dont l'effet peut être nuisible ou utile, et qui sont plus importants sur les avions sans queue que sur les avions de type classique. On sait que, par un couplage convenable, on peut réduire à deux les trois commandes fondamentales.

Sur les avions sans queue, les commandes en profondeur et en roulis sont assurées par les mêmes volets au bord de fuite de l'aile, auxquels les Américains ont donné le nom d'*elevons*; manœuvrés simultanément dans le même sens, ils provoquent le piqué ou le cabré et, différemment, commandent le roulis. Le pilotage dans le sens longitudinal (en montée ou descente) nuit, comme nous l'avons signalé, à la stabilité; tandis que, sur les avions usuels, le gouvernail de profondeur, à l'extrémité de la queue agissait avec un grand bras de levier, les organes qui jouent ce rôle sur l'avion sans queue, doivent être largement dimensionnés pour compenser la faiblesse du bras de levier, et cela se répercute défavorablement sur la portance. Ces volets sont souvent séparés en plusieurs tronçons, les tronçons internes étant utilisés à toutes les vitesses et les tronçons externes aux vitesses supérieures seulement.

Le pilotage en direction soulève moins de difficultés, le gouvernail pouvant, comme sur l'avion normal, être associé à la dérive, si elle existe, quelle que soit la place de celle-ci, en queue de fuselage ou en bout d'aile; cette dernière disposition a l'avantage d'autoriser le freinage à l'atterrissage par braquage opposé des gouvernails. De même que l'on peut supprimer la dérive, on pourra s'abstenir de prévoir un gouvernail de direction en se fiant au jeu des ailerons pour les virages et en adoptant, s'il le faut, des freins aérodynamiques (*spoilers* ou volets « gâcheurs ») qui, en introduisant des traînées dissymétriques dans l'aile, provoquent la rotation de l'appareil. C'est la solution appliquée sur le Northrop XB-35, doté de volets doubles de bord de fuite qui augmentent la traînée dans le sens désiré.

Les vitesses auxquelles volent aujourd'hui les avions obligent à utiliser des surfaces portantes réduites afin de diminuer la traînée, c'est-à-dire à adopter des charges alaires élevées. Pour que le décollage et l'atterrissage puissent s'effectuer à des vitesses admissibles, il faut pouvoir accroître momentanément la portance de l'aile: c'est le rôle des dispositifs hypersustentateurs. Or, le montage sur les avions sans queue de tels dispositifs efficaces soulève des problèmes ardu. Les volets de bord de fuite, lorsqu'on les braque vers le bas, créent un moment piqueur que l'on compense habituellement

SILHOUETTES ANCIENNES



SILHOUETTES MODERNES

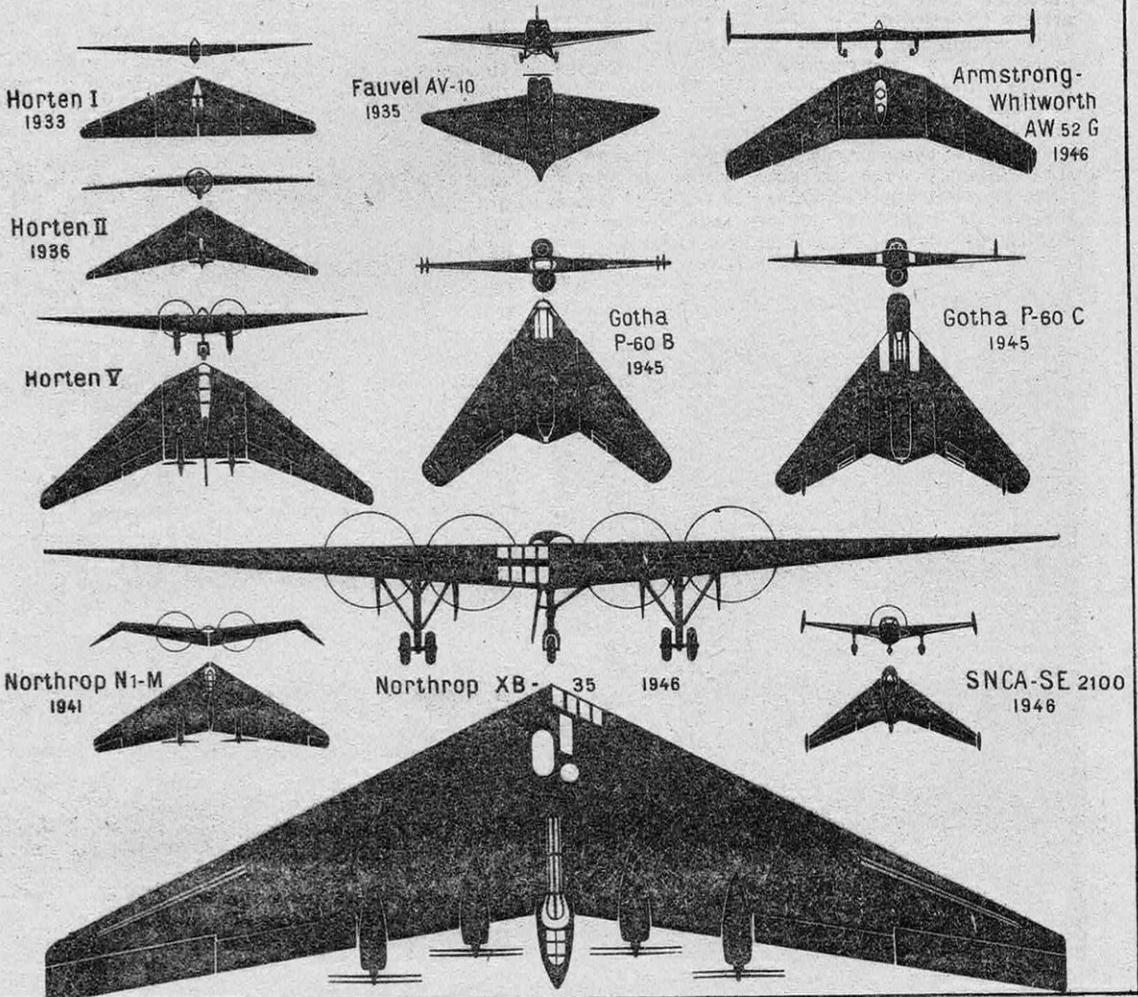


FIG. 7. — SILHOUETTES ANCIENNES ET MODERNES D'AVIONS SANS QUEUE ET D'AILES VOLANTES

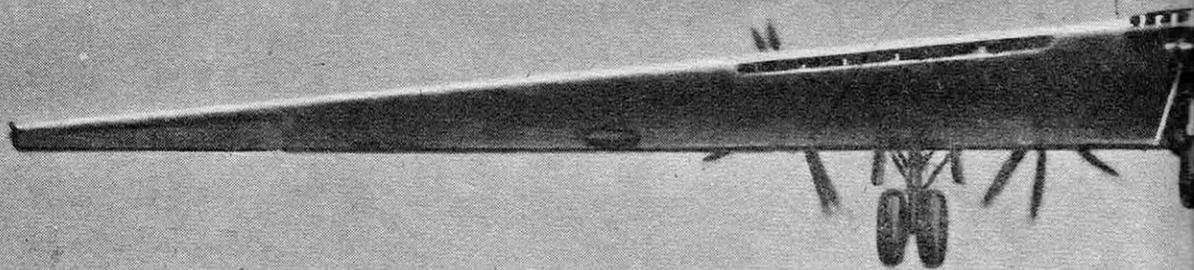


FIG. 8. — LE BOMBARDIER GÉANT XB-35 DÉCOLLANT DU TERRAIN DES USINES NORTHROP A HAWTHORNE POUR SON
Cet appareil en aile volante intégrale, ne comportant aucune surface verticale, mesure 52,40 m d'envergure et, d'un poids à vide de 40 t, peut emporter 50 t de chargement. La direction est assurée par des volets doubles de bord de fuite, qui augmentent la traînée dans le sens désiré. Les essais, entièrement satisfaisants, démontrèrent les qualités

par le calage de l'empennage horizontal. Si, sur un avion sans queue, on agit d'une manière analogue sur le gouvernail de profondeur, on détruit une partie de la portance de l'aile, de sorte qu'au total le gain de portance est plus petit que sur l'avion normal. Cependant, en adoptant une forme en flèche, d'angle et d'allongement convenables, on peut s'arranger pour que la portance supplémentaire créée par le volet soit appliquée au centre de gravité de l'appareil, qui n'a plus dès lors de tendance à piquer. Malheureusement, l'attaque oblique de l'aile en flèche diminue l'efficacité des volets d'une quantité qui, même en tenant compte des améliorations que peut fournir une étude très approfondie des conditions d'écoulement de l'air, atteint 30 %. Ceci veut dire qu'à vitesse d'atterrissage égale, l'avion sans queue doit avoir une surface alaire considérablement plus grande que celle d'un avion normal.

Avions avec ou sans queue

Ces considérations montrent quels seront les principaux éléments à faire intervenir dans la comparaison des avions avec ou sans queue. On portera encore à l'actif de ces derniers le fait que la plus grande partie possible de la surface extérieure agit comme surface portante et que, pour l'aile volante en particulier, l'intégration du fuselage dans l'aile supprime la traînée d'interférence, à l'assemblage du fuselage, des fuseaux moteurs et de l'aile (meilleur « coefficient de forme »). Mais il faut également compter sur la traînée due au frottement : si l'avion classique a un fuselage et un empennage, l'avion sans queue, à poids total et vitesse d'atterrissage égaux, a une surface d'aile plus grande, comme nous venons de le voir, et, pour comparer les qualités des deux types, il est nécessaire d'évaluer les surfaces extérieures totales ba-

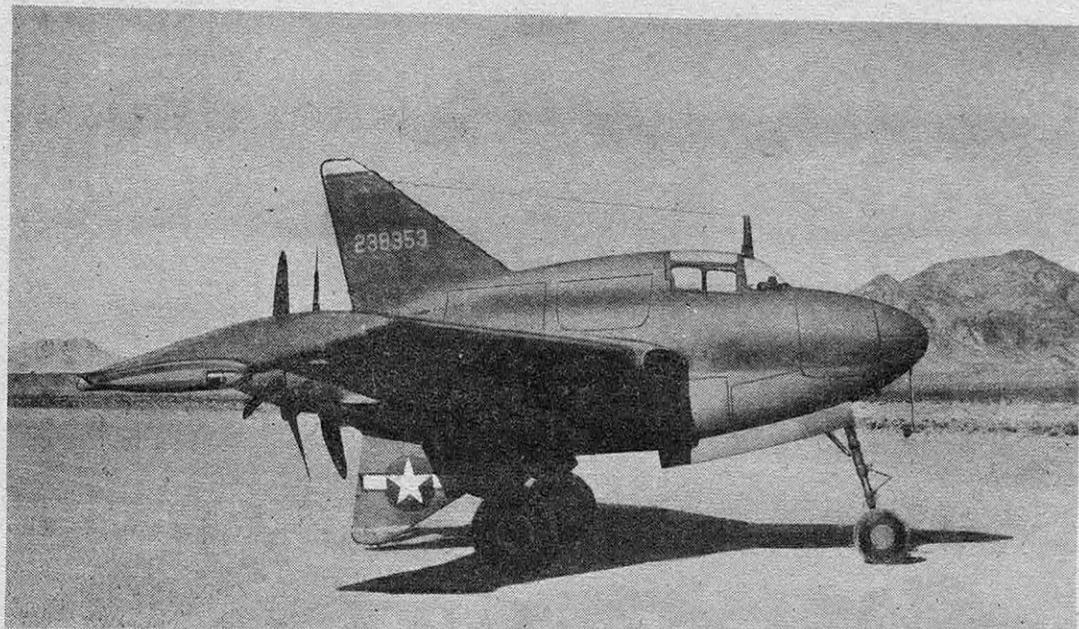
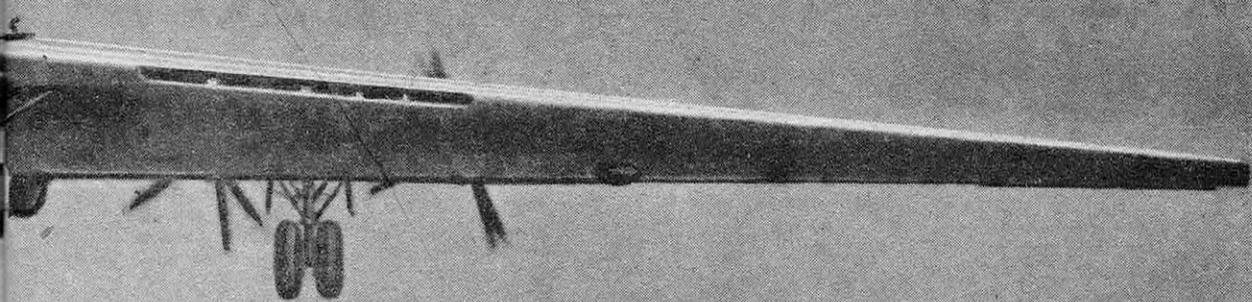


FIG. 9. — LE CHASSEUR SANS QUEUE NORTHROP XP-56

Cet appareil, présenté en 1945, est le premier avion construit tout en magnésium et entièrement soudé. Le moteur, complètement enfermé, actionne deux hélices coaxiales tripales à pas variables, tournant en sens inverse.



PREMIER VOL AU COURS DUQUEL IL SE RENDIT AU TERRAIN MILITAIRE DE MUROC DISTANT DE 140 KM

de stabilité de cet appareil qui, utilisé comme cargo, permettra de transporter, grâce à la suppression des résistances parasites, un chargement supérieur de 25 % en poids à celui emporté par tout autre appareil de même puissance et même poids, en moins de temps et à une distance supérieure de 25 %. La surface portante est de 370 m².

layées par le courant d'air. On trouve finalement que les deux types sont sensiblement équivalents, le sans-queue jouissant d'un léger avantage du fait que, surtout avec hélices propulsives, l'écoulement de l'air est moins troublé.

Des calculs, pour comparer ces deux types, ont été effectués en Allemagne, en 1942, par Hornung, sur les projets, établis en vue de leur utilisation en avions rapides de combat, des avions sans queue Lippisch Li P-10 et Messerschmitt Me-329, et de l'avion de type normal Messerschmitt Me-410, muni des derniers perfectionnements aérodynamiques (aile en position médiane et volets d'atterrissage perfectionnés type Fowler). Ces trois types d'appareils, ayant été, pour établir une juste comparaison, ramenés à des caractéristiques communes (en particulier, chargement identique en volume, en poids et en répartition de densité, même moteurs et mêmes hélices, mêmes vitesses

d'atterrissage déterminant les rapports des surfaces alaires), les calculs ont montré qu'en général les performances des avions sans queue sont supérieures, surtout dans le domaine des grandes incidences : les vitesses horizontales, qui sont sensiblement égales jusqu'à l'altitude de rétablissement de 7 000 m, sont plus grandes pour les sans-queue aux altitudes supérieures, le plafond pratique étant plus élevé de 6 %; bien que leur vitesse de croisière moyenne soit légèrement inférieure, le rayon d'action des sans-queue est de 15 % supérieur pour un même poids d'essence.

Ces chiffres se rapportent à des vitesses assez élevées, mais nettement subsoniques. Il est à prévoir qu'aux vitesses se rapprochant plus de la vitesse du son, l'avantage du sans-queue avec aile en forte flèche s'accroîtra. La forme en flèche permet, en effet, de reculer l'apparition des effets de compressibilité de l'air (la vitesse

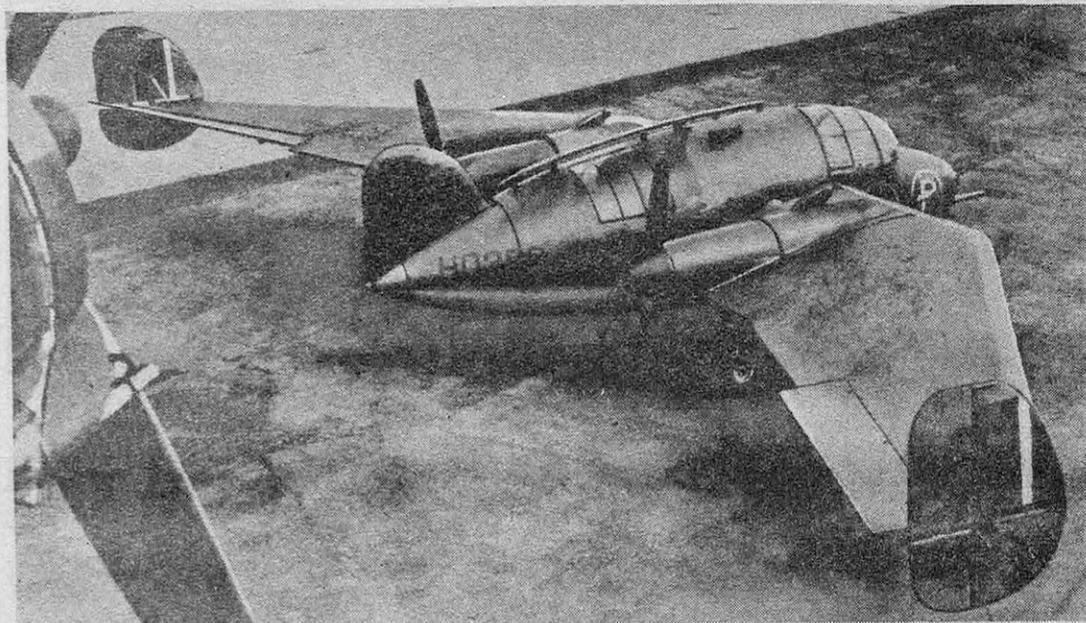


FIG. 10. — LE PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL SANS QUEUE HANDLEY PAGE « MANX »

Cet appareil biplace, de très grand allongement, équipé de deux moteurs de 140 ch, a été construit dans le but d'étudier les problèmes posés par les avions sans queue; sa vitesse de croisière est de 240 km/h et son plafond est de 5 000 m.

où apparaissent ces effets étant, en gros, inversement proportionnelle au cosinus de l'angle de flèche). Enfin, comme nous l'avons signalé, l'aile en flèche se prête particulièrement bien à la propulsion par réaction.

Divers avantages de l'aile volante

Outre le gain de finesse résultant de la suppression des résistances parasites à l'avancement, l'aile volante présente les divers avantages suivants :

1° Accès facile aux moteurs en cours de route ;

2° Pour les avions militaires, meilleure visibilité et défense dans toutes les directions, la cabine de pilotage se trouvant logée dans le nez du bord d'attaque de l'aile en flèche, les tourelles carénées émergeant très peu de la surface ; meilleure concentration des masses soustrayant les mitrailleurs d'extrémités aux effets de tangage ; plus grande facilité de logement dans l'épaisseur de l'aile des canons et lance-fusées avec leurs tambours-chargeurs ; plus grande difficulté d'appréciation par l'ennemi de la distance et de la route suivie (appréciation relativement facile avec les avions cruciformes) mettant en défaut les correcteurs de tir ;

3° La forme en aile volante se prête mieux à l'emploi du train tricycle d'atterrissage, avec une jambe unique à l'avant et deux à l'arrière, qui donne une meilleure adhérence et, par suite, permet, grâce à un freinage effectif, des vitesses d'atterrissage plus élevées sur des terrains plus courts.

4° Construction plus simple et plus économique.

Les premières réalisations d'avions sans queue

Comme nous l'avons dit plus haut, les premières machines volantes construites furent précisément des appareils sans queue ; leurs échecs furent dus sans doute à l'impossibilité où l'on était, avec les matériaux employés à l'époque, de réaliser des profils autostables. Notons cependant, parmi les appareils qui obtinrent un résultat partiel, un planeur construit, en 1906, par Etrich et Wels, dont la forme reproduisait exactement la graine volante du *Zanonia macrocarpa* (fig. 5).

Avec un autre planeur sans queue construit par José Weiss, français de naissance et naturalisé anglais, Gordon England vola, en 1908, sur une distance d'environ 2 000 m. Citons encore le biplan de forme annulaire de Hirth, ingénieur allemand (1908) et le *Circleplane* de Cedric-Lée (1911-1912).

Mais les premiers essais concluants furent réalisés, en Angleterre, par J. Dunne, sur différents appareils en aile volante à forte flèche : après un premier planeur biplan qui fut accidenté, un planeur triplan effectua quelques petits vols en 1910 ; un troisième planeur, piloté par Gibbs, effectua quelques vols réussis et enfin un autre biplan plus grand fut équipé d'un moteur de 50 ch actionnant deux hélices propulsives ; les ailes de cet appareil, présentant une flèche d'environ 30°, étaient munies d'ailerons assurant à la fois la stabilité et la direction. En 1911, Dunne construisit aussi un monoplan, mais, le War Office se refusant à considérer d'autres appareils que les biplans, Dunne revint à ce type d'avions.

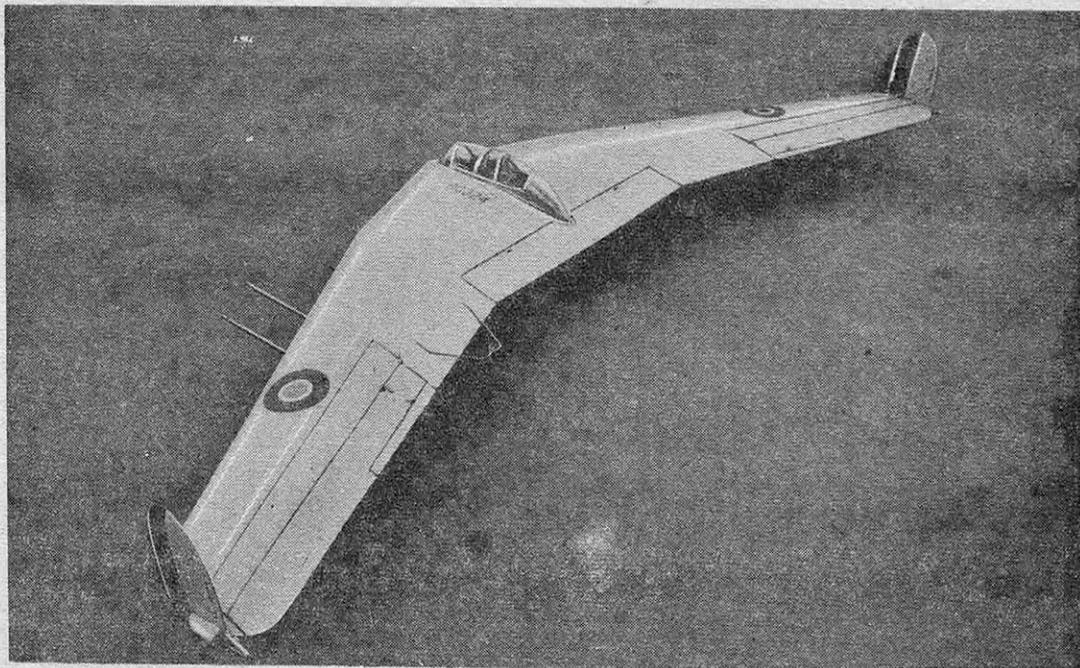


FIG. 11. — LE PLANEUR EN AILE VOLANTE ARMSTRONG-WHITWORTH AW-52 C

Ce planeur sert de maquette pour un appareil actuellement en développement, transporteur propulsé par réaction. Aménagé en biplace et construit en bois avec revêtement métallisé, il est doté des instruments enregistreurs nécessaires pour les mesures en cours de vol.

Dans la même formule d'appareils à flèche prononcée et sans dièdre, mentionnons les sans-queue d'Alexander Soldenhoff dont les premiers furent construits en Suisse, à partir de 1912 ; plus tard, en 1928, deux sans-queue à hélices propulsives devaient être construits, à Dusseldorf, sur ses données, puis, en 1929, un biplace comportant des gouvernails verticaux doubles permettant, par leur ouverture, de freiner l'appareil sans le déséquilibrer pour l'atterrissage.

En France, Arnoux travailla, de 1909 à 1923, sur des appareils à ailes droites rectangulaires, à peine effilées, genre « planche volante », dont six types différents sont connus, monoplans et biplans, à hélices tractives ou propulsives.

En 1922, les ingénieurs français Landwerlin et Berreur présentèrent un monoplan en aile volante en flèche inversée (type dit *busard*, du nom d'un oiseau de proie), sans dièdre et à profil symétrique, dont les extrémités dirigées vers l'avant présentaient une incidence plus grande que la partie médiane.

En Russie, on vit, en 1923, apparaître dans une compétition un planeur en aile volante, le « Parabola », à grande surface et sans fuselage, construit et piloté par B.-J. Tscheranowsky. Cet appareil ayant bonnes stabilité et maniabilité, des avions à moteur furent construits sur le même principe, mais comportant un fuselage, parmi lesquels en 1931, un « Parabola » biplace.

En Allemagne, après le « Charlotte » de Von Parseval (1922) qui, le premier, utilisa des volets doubles de bord de fuite, Lippisch entreprit des études systématiques sur les avions sans queue, expérimentant successivement des maquettes volantes de grandes dimensions, puis des planeurs, qui furent ensuite munis d'un moteur auxiliaire. C'est ainsi qu'il construisit, à partir de 1926, la série des monoplans « Storch » (cigogne) à ailes hautes et droites, à flèche modérée, munies au bord de fuite d'un couple de volets pouvant être actionnés dans le même sens ou en sens contraire par une commande spéciale pour la profondeur ou le roulis. En 1929, un planeur « Storch » équipé d'un moteur DKW de 8 ch donna des résultats satisfaisants.

Lippisch entreprit alors, avec la collaboration de l'aviateur Köhl, la série des avions du type « Delta », à aile épaisse en porte à faux, dont le bord de fuite était droit et le profil étudié pour avoir un centre de poussée fixe ; deux couples de volets séparés assuraient, l'un à la partie médiane la stabilité longitudinale, l'autre à la partie externe la stabilité transversale : un planeur de ce type vola en 1930, suivi d'un avion à moteur de 30 ch, avec hélice propulsive, qui, en 1931, exécuta, au cours d'une présentation, des exercices acrobatiques (vrilles) (fig. 6). L'avion de sport bimoteur « Delta IV » avait une hélice tractive et une hélice propulsive.

En France, l'ingénieur Charles Fauvel présenta successivement : en 1932, un planeur sans queue AV-2, équipé d'un moteur auxiliaire de 20 ch, à hélice propulsive et dont la direction était déjà assurée par des freins d'extrémité d'aile, mais qui ne put voler par suite de vicissitudes indépendantes de sa conception ; en 1933, un autre planeur de faible allongement (allongement 8) ; en 1935, un biplace AV-10, à aile basse, d'allongement 5,4, équipé d'un moteur de 75 ch (2 835 cm³), qui détient toujours depuis 1937-1938 le record français d'altitude des avions de moins de 4 l de cylindrée (5 800 m en biplace, 6 850 m en monoplace), et qui fut

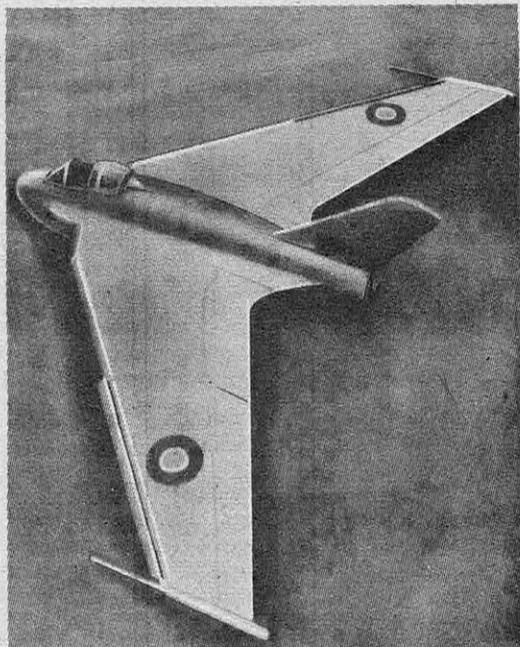


FIG. 12. — L'AVION A RÉACTION DE HAVILLAND DH-108 « SWALLOW »

Cet avion, possédant exactement le même fuselage que le De Havilland « Vampire », vient d'être détruit par une explosion en vol au moment où il s'appretait à s'attaquer au record mondial de vitesse.

pris par les Allemands en juillet 1940 (fig. 7). Il suggéra, en outre, différents types d'appareils militaires (1). La guerre interrompit, en 1939, la réalisation du biplace AV-29 I, qui, muni de deux moteurs de 1 000 ch, devait atteindre la vitesse de 700 km/h, ainsi qu'un projet de bimoteur blindé AV-30 à grande tourelle noyée en partie dans l'aile et à très grande puissance de feu (4 canons de 23 ou 20 mm et 6 mitrailleuses).

En Angleterre, le professeur G. T. R. Hill construisit la série des « Pterodactyls ». Sur le « Pterodactyl IV », l'équilibre pouvait être réglé en cours de vol par modification de l'angle de flèche, grâce à un pivotement de chaque aile autour d'un axe vertical. Le « Pterodactyl V », équipé d'un moteur de 700 ch, fut, en 1934, le premier avion militaire sans queue. Aux fêtes de la R. A. F., en 1939, à Hendon, on put voir évoluer, camouflé en dragon volant, un « Pterodactyl » biplace de chasse, à moteur de 600 ch.

Citons encore des essais de machines volantes de petit allongement : l'avion en disque de Raoul Hoffmann, avec un moteur de 85 ch à hélice tractive, et celui de l'italien Canova, plaque en forme de losange, avec un moteur de 130 ch.

Les avions allemands sans queue

En Allemagne, les frères Horten, reprenant et étendant les travaux de Lippisch, construisirent de nombreux planeurs sans queue, d'envergure de plus en plus développée, en ailes épaisses triangulaires, sans dièdre, ni surface

(1) Voir « L'aile volante et le combat aérien » (Science et Vie, n° 302, octobre 1942).

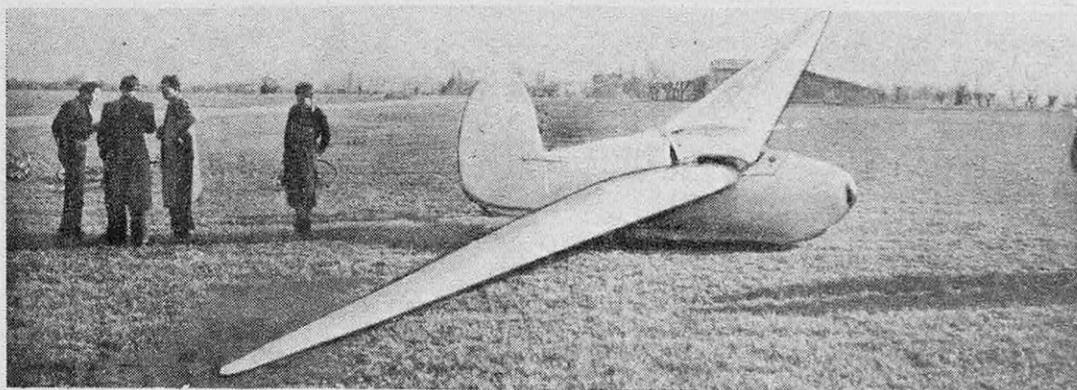


FIG. 13. — LE PLANEUR SANS QUEUE FAUVEL AV-17

Ce planeur, d'une envergure de 15 m et d'une surface de 17,30 m² pesant à vide 195 kg, conserve la forme en losange des premières ailes volantes de Fauvel.

verticale. Leur première aile volante, de profil symétrique et bord de fuite rectiligne, fut construite en 1934 ; la direction était assurée par des freins aérodynamiques placés sous l'aile. Le Horten II, ou « Habicht », fut équipé d'un moteur de 60 ch avec hélice propulsive. Le Horten III (1938) à structure de tubes d'acier, de 22 m d'envergure, avec plus de flèche que les précédents, pouvait exécuter des exercices acrobatiques et ne pouvait se mettre en vrille ; il n'y avait qu'une roue rétractable. Le Horten IV, monoplace de performance, d'allongement 21 (20 m d'envergure pour 3,75 m de longueur totale), pesant 240 kg à vide, était remarquable par la flèche longitudinale et le dièdre très important de ses longues ailes munies chacune de trois volets ; une grande quille-dérive formant patin constituait la seule surface verticale. Le Horten V, conçu pour remorquer les planeurs, fut le premier bimoteur sans queue à hélices propulsives.

Quand les Alliés entrèrent à la Gothaer Waggonfabrik, ils trouvèrent plusieurs projets en cours d'étude et de réalisation, concernant des prototypes de chasseurs et bombardiers à réaction en aile volante parmi lesquels : le bombardier Ho-18, de 30 m d'envergure et 5,8 m de longueur, pesant en charge 30 à 34 t pour une surface d'environ 165 m² (200 kg par m²) qui devait, avec deux paires de réacteurs Junkers ou B. M. W. plaqués sous les ailes, atteindre une vitesse de 995 km/h en emportant 3 500 kg de bombes ; les chasseurs P-60 A, P-60 B (biplaces, équipage couché à plat ventre) et P-60 C (triplace, équipage assis), en aile volante de très forte flèche (50°) au bord d'attaque, équipés de deux turboréacteurs placés dans l'axe, l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'aile, avec pour gouvernes des volets de bord d'attaque permettant de modifier le rayon de courbure du nez du profil, de petits volets externes de bord de fuite utilisables pour le roulis et la profondeur aux vitesses élevées, des volets internes de bord de fuite plus grands pour les basses vitesses et des dérives verticales en bouts d'aile sur le P-60 C seulement ; équipés d'atterrisseurs tricycles, dont la roue avant est un peu décalée sur le côté dans le P-60 A et le P-60 B, ces appareils devaient atteindre des vitesses de 950 à 1 000 km/h.

Parmi les avions effectivement réalisés en

Allemagne, citons le Messerschmitt Me-163 « Komet », tout petit chasseur à réaction sans queue, monoplace, qui apparut vers octobre 1944 sur le front néerlandais (1). Il en existe plusieurs versions ayant de 9,30 m à 10 m d'envergure et de 6 à 7 m de longueur. Les ailes, en bois, à forte flèche et sans dièdre, à incidence marquée diminuant vers l'extérieur, portent les empennages entoilés de roulis et de profondeur, la carlingue ne portant qu'une grande dérive verticale ; le décollage s'effectue sur deux roues largables et l'atterrissage sur un patin ventral ; une hélice avant entraîne les appareils d'alimentation de l'équipement électrique. D'un poids à vide de 1 600 kg, l'appareil pèse en charge 5 200 kg (280 kg m²), dont environ 1 500 kg de combustible (hydrate d'hydrazine dissous dans du méthanol) et de comburant (eau oxygénée et permanganate) ne lui assurant que douze à quinze minutes de vol à vitesse réduite (n'utilisant alors qu'une petite chambre de combustion auxiliaire, développant une poussée de 300 kg) et quatre minutes à vitesse maximum, pouvant atteindre 960 km (poussée 2 000 kg) ; le plafond est de 16 000 m. Le dégagement de flammes accompagnant la combustion justifie son surnom. Malgré son absence de blindage, sa vitesse et sa maniabilité le rendent presque invulnérable. Il peut descendre en vol plané après épuisement du carburant, et, en cas de nécessité de saut en parachute, le pilote est projeté avec son siège à l'extérieur de la carlingue par l'explosion d'une petite charge. Au cours des essais faits en 1941, le pilote Heinrich Dittmar aurait atteint la vitesse horizontale de 1 003 km/h sur le Me-163 A-V4.

Les ailes volantes américaines

En Amérique, le constructeur John Northrop, assisté du professeur Théodore von Karman et du Dr William R. Sears, construisit, en 1940, la première « aile volante » proprement dite qui ait donné des résultats satisfaisants, avec le Northrop N1-M, chasseur prototype de 12,50 m d'envergure, muni de deux moteurs à cylindres opposés de 120 ch refroidis par air, à hélices propulsives (fig. 2). L'aile est épaisse en flèche, sans dièdre ; ses extrémités, portant les volets de commande mixte en direction et en roulis,

(1) Voir *Science et Vie*, n° 336, page 103.



FIG. 14. — L'APPAREIL FRANÇAIS DE TOURISME SE-2100

Cet appareil de 518 kg (800 kg en charge) a pour envergure 9,89 m et pour surface totale projetée 15 m². Équipé d'un moteur Renault « Bengali » de 140 ch, à hélices propulsives, il peut atteindre la vitesse de 230 km/h.

nommés *elevons* par Northrop, étaient, sur la première version de l'appareil, coudées obliquement vers le bas, ce qui conférait à l'appareil une grande maniabilité; les volets de profondeur sont situés sur le bord de fuite de la partie horizontale de l'aile. Le poste de pilotage émerge très peu au-dessus de l'aile par une légère protubérance vitrée et profilée et le train tricycle d'atterrissage est escamotable (1).

Ce fut en 1945 seulement que Northrop produisit un monoplacement de chasse monomoteur, le Northrop XP-56 (fig. 9) qui, reprenant le même principe d'aile coudée aux extrémités, comporte cette fois une carlingue courte, mais largement dégagée et munie d'une grande dérive verticale, et un moteur à deux hélices tripales coaxiales propulsives tournant en sens contraire.

Enfin, après un bimoteur expérimental N9-M, a été construit le bombardier quadrimoteur géant en aile volante intégrale Northrop XB-35 (fig. 8). Il est constitué par une immense aile en flèche non coudée de 52,50 m d'envergure, propulsée par 4 moteurs Pratt et Whitney « Wasp-Major » à 28 cylindres en quatre étoiles de 3000 ch chacun, montés dans des fuseaux en arrière du bord de fuite et entraînant chacun deux hélices quadripales, coaxiales, propulsives, de 4,70 m de diamètre, tournant en sens contraire; la profondeur de profil est de 11,40 m au centre et se réduit à 2,85 m aux extrémités; la surface portante étant de 370 m², le poids à vide de 40 t et en charge de 70 à 95 t, on réalise ainsi une charge de 255 kg par m², ou 8 kg³ par cheval; des *elevons* de 10,45 m de long servent à la fois de commandes de profondeur et de roulis; aux extrémités des ailes, des volets doubles de bord de fuite servent à assurer la direction, tandis qu'à la partie centrale de l'aile se trouvent les volets d'atterrissage de 8,80 m de long sur 1,80 m de profondeur; une fente près du bord d'attaque améliore la portance à faible vitesse. Les gouvernes sont commandées par une servo-commande hydroélectrique de 92 ch, un système pneumatique assurant l'équilibrage normal des commandes; à l'atterrissage (train tricycle), les hélices participent au freinage par inversion du pas; un équipage de quinze hommes est logé, ainsi que les moteurs, réservoirs et

armement, dans l'épaisseur de l'aile qui atteint au centre 2,27 m, le poste de pilotage se trouvant dans le nez de l'appareil. On pense atteindre avec cet appareil une vitesse de 640 km/h avec un rayon d'action de 16 000 km, son coefficient de finesse étant supérieur à celui de la plupart des avions réalisés à l'heure actuelle. Des avions de transport et de fret sont étudiés sur le même type.

Un nouvel appareil, le Northrop XP-79, surnommé « Flying Ram » (Bélier volant), de petites dimensions (11,60 m d'envergure) et comportant deux dérives verticales (fig. 1), est mû par deux réacteurs qui lui assurent une vitesse de 800 km/h. Le pilote est en position couchée pour mieux supporter les accélérations dues aux changements rapides de direction et d'incidence.

Citons aussi les avions de transport Burnelli, à fuselage sustentateur, munis cependant d'un stabilisateur arrière et de dérives (1).

Les avions sans queue anglais

En Grande-Bretagne, les usines Handley Page produisirent en septembre 1945 un bimoteur biplace, le Handley-Page « Manx », qui tient son nom d'une espèce de chat sans queue vivant dans l'île de Man. Cet appareil est caractérisé par une voilure longue (12,20 m) portant des dérives aux extrémités, sans dièdre, et une carlingue trapue, longue de 5,50 m, portant également une dérive (fig. 10). Équipé de 2 moteurs de 140 ch à hélices propulsives, d'un poids de 1 800 kg, soit 79 kg/m², il a une vitesse de croisière de 240 km/h et un plafond de 4 600 m.

Les usines Armstrong-Whitworth viennent de produire un planeur biplace d'étude AW-52 G (fig. 11) de 16,50 m d'envergure, 42 m² de surface, 2 720 kg de poids total, muni d'un train tricycle, caractérisé par de grandes dérives en disques avec gouvernes de direction aux extrémités d'aile. Un volet d'atterrissage à fente important, commandé par vérins hydrauliques, forme le bord de fuite de la partie centrale, tandis que le bord de fuite des parties externes comprend des volets de commande mixte en profondeur et en roulis relativement complexes puisqu'ils sont subdivisés en profondeur en trois parties, la partie arrière (*spring tab*) étant arti-

(1) Voir *Science et Vie*, n° 296, page 175.

(1) Voir *Science et Vie*, n° 342, page 140.



FIG. 15. — LF SKIMMER XF 5U-1

Ce curieux appareil, avion de combat de la marine américaine, est équipé de deux moteurs Wright pouvant lui donner une vitesse maximum de 740 km/h ; l'accroissement de portance que lui donne la rotation de ses hélices quand il vole avec une grande incidence lui permet de conserver une vitesse très réduite ou presque nulle.

culée sur la partie moyenne (*controller*), elle-même articulée sur la partie avant et équilibrée par un dispositif intérieur utilisant la différence de pression aérodynamique sur les deux faces de l'aile, et la partie avant (*corrector*) ne pouvant se braquer que vers le haut pour équilibrer le moment piqueur dû au volet d'atterrissage, lorsque celui-ci est abaissé. Les gouvernes de direction sont équilibrées, comme les *controllers*, par un dispositif de « chambres de pression ». La flèche est de 30° aux extrémités de l'aile. Ce modèle, remorqué jusqu'à l'altitude de 3 600 m, exécute une descente en plané au cours de laquelle les indications de divers appareils de mesure sont filmées, en vue d'établir des données pour la construction de modèles de transport plus grands (envergure 48,50 m, surface alaire 408 m²), propulsés par 6 turbo-réacteurs et devant atteindre 650 km/h.

La même firme construit actuellement une aile volante, qui, avec un revêtement en tôle d'alliage léger, doit être équipée de deux réacteurs Rolls Royce « Derwent ».

Également pour l'étude du comportement des ailes en flèche aux vitesses élevées, un monoplace de chasse à réaction a été construit par les usines britanniques De Havilland ; c'est le DH-108 « Swallow » (fig. 12), qui a effectué avec succès son premier vol d'essai le 15 mai dernier, mais a explosé en vol au moment où il allait s'attaquer au record mondial de vitesse ; constitué par le même fuselage court que le De Havilland « Vampire » à double queue, contenant à l'avant le poste de pilotage et à l'arrière le propulseur, il porte une grande dérive en flèche et deux larges ailes présentant une flèche de 43° .

Les dernières conceptions françaises

Nous revenons à un appareil français avec le planeur sans queue Fauvel AV-17 (fig. 13), construit dans les usines de la Société Aéronautique du Rhône ; c'est un monoplace de performance à grande finesse aux petites incidences ; il est muni d'une seule dérive avec gouvernail à double volet à double courbure de même sens (type Peyret), et de deux ailes trian-

gulaires. Il existe également un projet de biplace (côte à côte) de tourisme AV-101, perfectionnement de l'AV-10, qui, avec 100 ch, devra atteindre une vitesse de 225 km/h et un plafond de 6500 m, et pourra décoller et atterrir en 70 m, ainsi qu'un projet AV-22 qui sera équipé à volonté en planeur-école biplace en tandem, en motoplaneur monoplace de prospection aérologique, ou en avion très fin biplace côte à côte.

Un appareil de tourisme sans queue, le SE-2100, réalisé par la S. N. C. A. du Sud-Est (fig. 14), est équipé d'un moteur Renault « Bengali » de 140 ch, à hélices propulsives ; les ailes, à forte flèche (65°) et léger dièdre ($10^\circ 42'$), sont terminées par des dérives avec gouvernail.

Les nouvelles « plaques volantes »

Parmi les derniers venus, citons un appareil de combat de la flotte américaine en forme de plaque arrondie à l'arrière, ressemblant à un insecte plat, le Vought Sikorsky « Skimmer », muni de deux moteurs à hélices tractives faisant saillie à chaque extrémité du bord d'attaque. Le principe mis en application dans cet appareil est de compenser les tourbillons marginaux par deux hélices tournant en sens inverses et placées dans l'axe des extrémités d'aile, ce qui doit lui permettre non seulement de conserver sa portance à très faible vitesse, en prenant une très forte incidence, mais même de pouvoir s'immobiliser en position verticale, suspendu à ses hélices comme un hélicoptère lorsque les pales sont à incidence convenable. Une première maquette grandeur réelle en bois entoilé, le V-173, fut équipée de deux moteurs à basse puissance. Le modèle présenté dernièrement, le Chance-Vought XF-5 U-1 (fig. 15), est équipé de deux moteurs Wright ou Pratt and Whitney de 1350 ch, à hélices quadripales à incidence variable, lui assurant une vitesse maximum de 740 km/h. Un autre modèle, actuellement à l'étude, équipé de turbopropulseurs, avec pilote en position couchée, aurait une gamme de vitesses s'étendant de 0 à 885 km/h.

LA RADIONAVIGATION

par J. PIERGO

La circulation des avions pose des problèmes difficiles et qui ne peuvent être résolus que grâce aux plus récentes conquêtes techniques de la radioélectricité. Les besoins essentiels de la navigation aérienne de demain procéderont de l'intensité de la circulation à prévoir, en particulier sur les routes intercontinentales, et quelles que soient les circonstances atmosphériques. Les procédés de radionavigation devront donc être rigoureusement automatiques et internationaux. Ils doivent fournir constamment sa position au pilote ; ils tendront peut-être un jour à le remplacer.

La navigation aérienne

L'AVION est le seul moyen de transport qui ne puisse ralentir sa marche et s'arrêter au cours de ses étapes. C'est pourquoi tous les systèmes permettant à un équipage de définir sa position géographique doivent être d'un emploi extrêmement rapide. C'est aussi pourquoi la connaissance des coordonnées géographiques de l'avion n'est utilisée par l'équipage qu'afin d'en déduire d'une part le cap à tenir pour atteindre le point de destination, et d'autre part (si possible) la distance de ce point. La détermination de ces deux éléments constitue le problème essentiel de la navigation aérienne. Le pilote se soucie peu de savoir le nom du village survolé, surtout s'il navigue dans les nuages ou au-dessus ; il s'estime pleinement satisfait s'il peut dire, parodiant un vers classique : « Et je sais où je vais, si j'ignore où je suis ».

Or, tous les systèmes susceptibles de fournir la position géographique d'un point se ramènent à deux mesures, qui peuvent être des mesures d'angles ou des mesures de distances, et qui peuvent être faites soit par des postes au sol repérant l'avion, soit par l'équipage lui-même grâce à des repères extérieurs à l'avion : points du sol identifiés, astres, postes radioémetteurs de position connue.

Toute mesure d'angle faite à partir d'un poste au sol situe l'avion sur un arc de grand cercle terrestre, qui peut être représenté par une ligne droite sur des cartes appropriées, établies par projection sur des plans à partir du centre de la terre (projection polyédrique) ; l'arc de grand cercle joignant deux points du globe étant appelé « orthodromie », toute mesure d'angle faite à partir d'un point du sol définit donc un système de navigation orthodromique (fig. 1).

Toute mesure de la distance séparant l'avion d'un point fixe du sol, que cette mesure soit faite au sol ou dans l'avion, situe ce dernier sur un petit cercle ayant pour centre le point fixe. Elle définit ainsi un système de navigation circulaire (fig. 2).

Il faut encore noter que la position et l'orientation d'un avion sont instables et mal connues, ce qui prive parfois l'équipage d'un système de référence indispensable pour effectuer avec précision une mesure absolue utilisant un seul repère extérieur ; on est alors amené à effectuer une mesure différentielle en utilisant simultanément

deux repères extérieurs. Toute mesure différentielle d'angles situe l'avion sur une courbe appelée « segment capable sphérique » (lieu géométrique des points tels que les orthodromies joignant l'avion aux deux repères fassent entre elles un angle donné) ; si le repère est suffisamment rapproché, cette courbe est voisine de l'orthodromie ; c'est pourquoi ce système de navigation se ramène dans la pratique à un système orthodromique. Toute mesure différentielle de distances situe l'avion sur une courbe d'allure hyperbolique ayant pour foyers les deux repères utilisés ; on définit ainsi un système de navigation hyperbolique (fig. 3).

Tous les procédés de navigation existants ou imaginables peuvent se classer dans l'un des trois systèmes : orthodromique, circulaire, hyperbolique. La technique radioélectrique leur apporte aujourd'hui une aide précieuse dont il est intéressant de définir les modalités, avant d'exposer successivement les particularités les plus intéressantes des trois systèmes de navigation.

Techniques radioélectriques

Toutes les mesures radioélectriques se ramènent à des mesures de temps, d'intensité, de fréquence ou de phase.

Les mesures de temps sont justiciables du chronomètre lorsqu'il s'agit, par exemple, des passages d'un radioalignement tournant ; mais, lorsqu'il s'agit de durées de propagation des ondes électromagnétiques, lorsqu'il s'agit, en somme, de chronométrer un mobile dont la vitesse est de 300 000 kilomètres par seconde, l'horloger perd ses droits. Cependant l'oscillographe est venu résoudre élégamment le problème ; chacun connaît maintenant les propriétés essentielles de ce tube à rayons cathodiques, sur l'écran duquel un point lumineux appelé spot peut se déplacer à des vitesses considérables, de telle sorte que son déplacement permette d'évaluer la microseconde (ou millionième de seconde). Depuis que s'est développée la technique des émissions très brèves dites « impulsions », ces mesures de temps sont devenues indispensables.

Les mesures d'intensité ne sont pas directement utilisables, car les lois de la propagation sont trop complexes pour qu'on puisse déduire de l'intensité d'une réception autre chose qu'une idée grossière sur la distance d'un émetteur à ondes

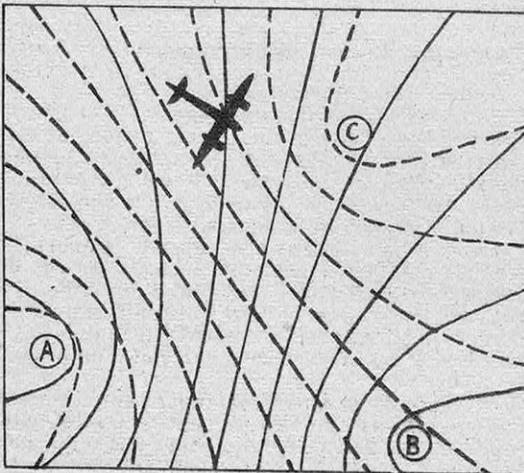
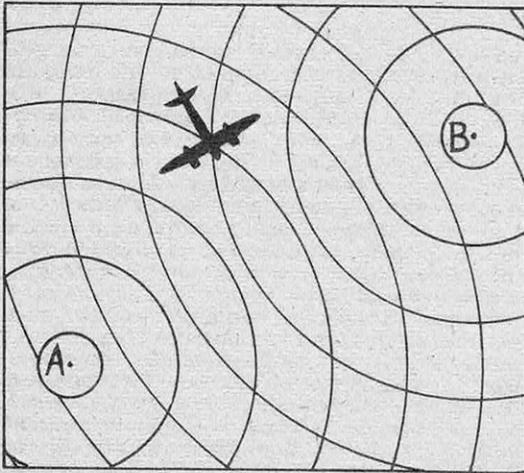
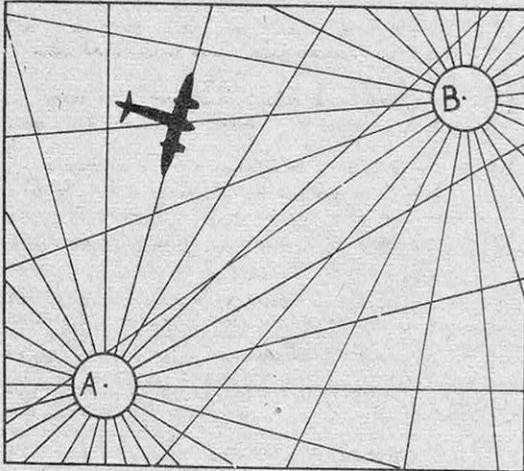


FIG. 1, 2 ET 3. — LES DIFFÉRENTES CLASSES DE SYSTÈMES DE NAVIGATION

En haut, systèmes de navigation orthodromiques (radiogoniométrie, radiophars). Au milieu, systèmes de navigation circulaires (radars azimutaux). En bas, systèmes de navigation hyperboliques (Gee, Loran, Decca, etc.).

moyennes ou longues. On peut cependant noter le maximum d'intensité d'un champ non isotrope ou, plus souvent, son minimum, surtout lorsque celui-ci correspond à l'annulation du signal. On peut aussi comparer les intensités de deux émissions, par exemple à l'aide d'écouteurs si les deux émissions donnent des signaux Morse complémentaires : points-trait, ou A-N, ou F-L (fig. 5).

Les mesures de fréquence ont pris une certaine importance avec le développement de la modulation de fréquence, et certains altimètres ou sondeurs utilisent de telles mesures.

Les mesures de phase ou, plus exactement, les mesures de la différence de phase entre deux phénomènes de même fréquence sont d'un usage fréquent en radionavigation, alors qu'elles intéressent peu les autres techniques de la radio.

Ces quatre systèmes de mesures peuvent être appliqués aux trois systèmes de navigation définis ci-dessus et qui vont être étudiés l'un après l'autre.

Systèmes orthodromiques

Il existe actuellement un assez grand nombre de systèmes orthodromiques : radiogoniomètres, radioalignements, radiophars tournants lents ou automatiques, détection électromagnétique (radar).

La radiogoniométrie est le plus ancien des procédés utilisés et elle a rendu de très grands services à l'aviation. Elle utilise en principe des récepteurs munis de cadres tournants qui permettent de repérer la direction d'un émetteur quelconque, en notant l'orientation du cadre correspondant à l'extinction du signal. Si l'émetteur est placé sur l'avion, deux ou trois récepteurs placés au sol repèrent simultanément sa direction, par rapport au nord, c'est-à-dire deux ou trois angles d'azimut ; ces mesures sont communiquées à un poste central où l'on reporte sur la carte les droites, ou orthodromies, ainsi définies ; leur intersection définit la position de l'avion et celle-ci lui est retransmise par radiotéléphonie (fig. 6).

Si le récepteur est sur l'avion (radiogoniomètre de bord), le navigateur relève la direction d'un émetteur de position connue ; cette direction est en général mesurée à partir du nord géographique indiqué par le compas de l'avion, ce qui définit ainsi un « relèvement ». La droite correspondante est tracée sur la carte (elle représente la courbe dite segment capable sphérique avec une exactitude acceptable si la distance est faible). On a pu réaliser des radiogoniomètres automatiques, ou radiocompas, qui n'exigent pas d'autre opération que l'accord du récepteur sur la fréquence de l'émetteur.

Les radioalignements permettent de définir un axe grâce à un indicateur qui peut être auditif ou visuel. Dans le premier cas, le pilote entend par exemple des points lorsqu'il se trouve à droite de l'axe, des traits lorsqu'il se trouve à gauche, enfin un trait continu lorsqu'il se trouve sur l'axe même ; on réalise le même dispositif avec des signaux Morse complémentaires tels que A et N, ou encore F et L dont l'ensemble donne un trait continu. Dans le second cas, une aiguille fournit les indications correspondantes : droite, gauche, axe. Les radioalignements sont réalisés grâce à des systèmes d'antennes ou de cadres fournissant des champs électromagnétiques anisotropes, c'est-à-dire beaucoup plus intenses

dans une ou plusieurs directions privilégiées. On utilise soit la mesure comparée des intensités de deux champs, soit plus souvent deux taux de modulation correspondant à deux signaux Morse complémentaires, ou encore à deux fréquences de modulation reçues séparément grâce à un récepteur double (système Bendix). Les radioalignements sont fort employés, d'une part, sur les lignes aériennes américaines, d'autre part, pour l'atterrissage sans visibilité sur les pistes des terrains d'aviation.

Les radiophares ont été constitués jusqu'ici par des radioalignements du type précédent, mais animés d'un mouvement de rotation uniforme (un tour par minute par exemple). Lorsque l'axe passe par la direction du nord géographique, un signal bref est émis ; le pilote, dès réception de ce signal, déclenche alors un chronomètre ; lorsqu'il perçoit le passage de l'axe, il arrête le chronomètre, dont le cadran a été divisé en 360°, ce qui permet la lecture directe de l'azimut de l'avion par rapport au radiophare. La rotation peut être réalisée soit en faisant tourner les antennes, si la longueur d'onde est suffisamment faible, soit en utilisant des antennes fixes auxquelles on applique des modulations appropriées (fig. 8).

Un radiophare tournant parlant a aussi été expérimenté en Angleterre ; tournant lentement, il émet dans chaque secteur d'amplitude 10° un bref indicatif suivi de la valeur de l'azimut exprimé en dizaines de degrés. Bien que peu précis, il peut néanmoins rendre service aux avions dépourvus de navigateurs et de tout appareillage spécial.

Il est actuellement possible de réaliser des radiophares omnidirectionnels automatiques, c'est-à-dire donnant l'azimut par lecture directe d'un indicateur, sans chronométrage ou opération quelconque (sinon l'accord du récepteur sur la ou les fréquences du radiophare). Ces appareils utilisent en général une mesure de phase (haute fréquence ou basse fréquence), la phase étant

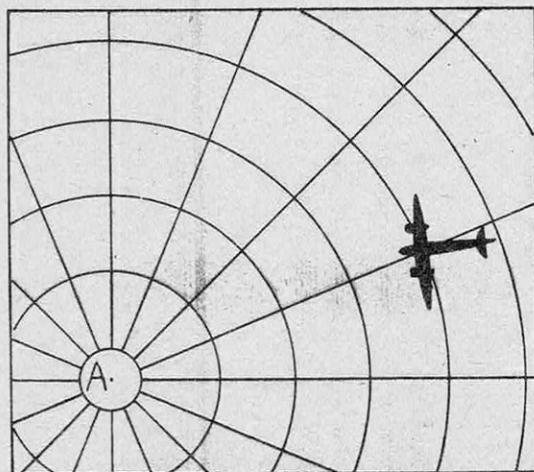


FIG. 4. — SYSTÈMES DE NAVIGATION DITS EN TOILE D'ARAIGNÉE

Ce système utilise une mesure de distance et une mesure d'azimut faites à partir de la même base (par exemple, au moyen d'un radar) ; il combine donc la méthode orthodromique et la méthode circulaire.

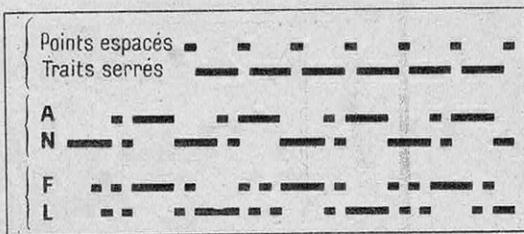


FIG. 5. — EXEMPLES DE SIGNAUX MORSE COMPLÉMENTAIRES

Lorsque deux postes émettent de tels signaux, dits complémentaires parce que les périodes d'émission, longues ou brèves, de chacun d'eux correspondent aux périodes de silence de l'autre, le poste qui les reçoit à la même intensité perçoit un signal continu ; si, par suite de sa position, il reçoit une des émissions avec une intensité plus forte, il perçoit le signal émis par l'émetteur correspondant. On peut donc ainsi réaliser un radioalignement, le pilote s'efforçant de rester dans la zone où il perçoit un signal continu.

rendue égale à l'azimut, en agissant sur l'alimentation ou sur la modulation de plusieurs antennes, et mesurée par comparaison, à la réception, avec un champ alternatif isotrope de même période, émis aussi par le radiophare.

D'autres systèmes utilisent le déphasage à la réception des ondes émises par deux postes assez rapprochés pour que les hyperboles de déphasage constant soient pratiquement confondues avec leurs asymptotes ; ils forment ainsi un système orthodromique, dont l'emploi est en général limité à un secteur de 120° axé sur la médiatrice des deux émetteurs, secteur dans lequel les hyperboles ne sont pas trop écartées.

Parmi ces systèmes, le système dit *Consol* permet de définir avec précision l'azimut, dans un secteur d'une vingtaine de degrés, en comptant simplement le nombre de points contenus dans une émission d'une demi-minute, limitée par deux traits prolongés. Un dégrossissage préalable (à l'aide d'un radiogoniomètre ou d'un radiocompas par exemple) est nécessaire pour déterminer le secteur dans lequel se trouve l'avion, la même série de signaux se répétant lorsqu'on passe au secteur voisin.

Un système analogue, appelé P. O. P. I. (Post Office Position Indicator), utilise un seul émetteur à moyenne fréquence, comportant deux aériens distants de 200 mètres environ, entre les émissions desquels le récepteur de l'avion effectue une mesure de déphasage.

La *détection électromagnétique*, à laquelle les Anglais ont donné le nom de *radar*, permet de mesurer en particulier l'azimut d'un avion, sur lequel vient se réfléchir un faisceau très étroit d'ondes ultracourtes, découpées en impulsions ; ce faisceau balaie l'espace à la façon d'un projecteur (fig. 9).

On peut, inversement, installer l'émetteur sur l'avion et déterminer le gisement d'un récepteur-répondeur situé au sol et qui émet une impulsion lorsqu'il reçoit celle de l'avion. On voit qu'on peut ainsi réaliser sous une forme nouvelle les dispositifs connus de la radiogoniométrie. Cependant le radar présente un avantage sérieux sur le radiogoniomètre, car il permet de déterminer en même temps non seulement un angle d'azimut ou de relèvement, mais encore la distance séparant l'avion du poste au sol.

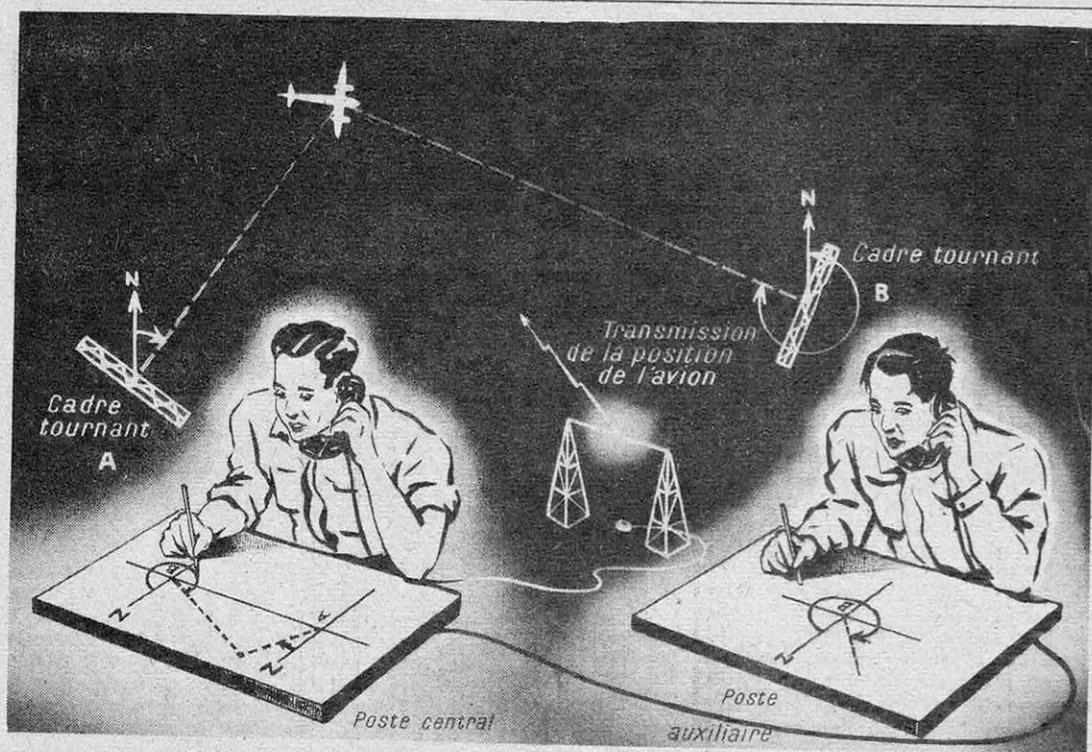


FIG. 6. — RADIOGONIOMÉTRIE AU SOL

Les opérateurs placés à chacun des postes récepteurs au sol repèrent la position du cadre de l'appareil pour laquelle est réalisée l'extinction à la réception des émissions faites par l'avion dans toutes les directions, ce qui leur donne l'azimut de l'avion par rapport à eux. Le poste central rassemble les renseignements, calcule la position de l'avion et lui communique par radiotéléphonie.

Systèmes circulaires

Les mesures de distances sont, en effet, devenues d'une pratique courante, grâce au radar. Lorsqu'une impulsion très brève, émise par un poste A, est réfléchi ou répétée par un autre poste B, la distance AB est égale à la moitié du parcours effectué par les ondes électromagnétiques dans le temps qui sépare le moment où l'impulsion est émise et celui où l'on perçoit le retour de l'écho. Ce temps se chiffre en millièmes de secondes (ou microsecondes) puisque ce parcours est effectué à la vitesse de la lumière, soit 300 000 km/s ; ces durées sont mesurées à l'aide d'un oscillographe. Une telle mesure de la distance séparant un avion d'un poste au sol situe l'avion sur une circonférence ayant pour centre ce poste et pour rayon cette distance (1).

Un même poste au sol, utilisant un faisceau d'émission tournant, peut représenter sur l'écran d'un oscillographe, comme sur une carte, la position de tous les avions évoluant dans le voisinage ; c'est le dispositif P. P. I. (Plan Position Indicator).

Systèmes hyperboliques

Il existe plusieurs procédés permettant de mesurer la différence des distances séparant un avion de deux émetteurs au sol :

La boîte « Gee » utilise deux émetteurs dont l'un, A, émet une impulsion, répétée par le second émetteur B. Lorsque les deux impul-

sions parviennent à l'avion, elles sont séparées par un certain intervalle de temps t ; cet intervalle t est nul si l'avion est sur le prolongement de AB ; il est au maximum égal au double du quotient de la distance AB par la vitesse de la lumière (avion sur le prolongement de BA) ; il est mesuré à l'aide d'un oscillographe. L'équipage dispose d'une carte sur laquelle ont été tracées des hyperboles correspondant aux différentes valeurs possibles de t ; on trouve ainsi un lieu géométrique de la position. Si l'on utilise un troisième émetteur C conjugué également avec A, on obtient une nouvelle mesure t' qui permet de situer l'avion sur une autre hyperbole tracée sur la carte ; les deux réseaux d'hyperboles étant tracés à l'aide de couleurs différentes, on a, par exemple, la position de l'avion à l'intersection de l'hyperbole rouge correspondant à t et de l'hyperbole verte correspondant à t' (2) (fig. 10).

Le système « Loran » est analogue au système Gee, mais utilise des longueurs d'ondes plus élevées, ce qui permet une portée plus grande.

Le système « Decca Navigator » n'est pas, comme les précédents, un système à impulsions et n'a, par suite, rien de commun avec le radar. Il utilise deux émetteurs A et B à très grande longueur d'onde, rigoureusement synchronisés à l'aide d'un procédé spécial. Lorsque la différence des distances séparant l'avion de A et de B est multiple de la longueur d'onde, les deux émissions sont reçues « en phase » par le récepteur de l'avion. Celui-ci est muni d'un phasemètre dont

(1) Voir « Le Radar » (Science et Vie, n° 338, novembre 1945).

(2) Voir Science et Vie, n° 338, page 189.

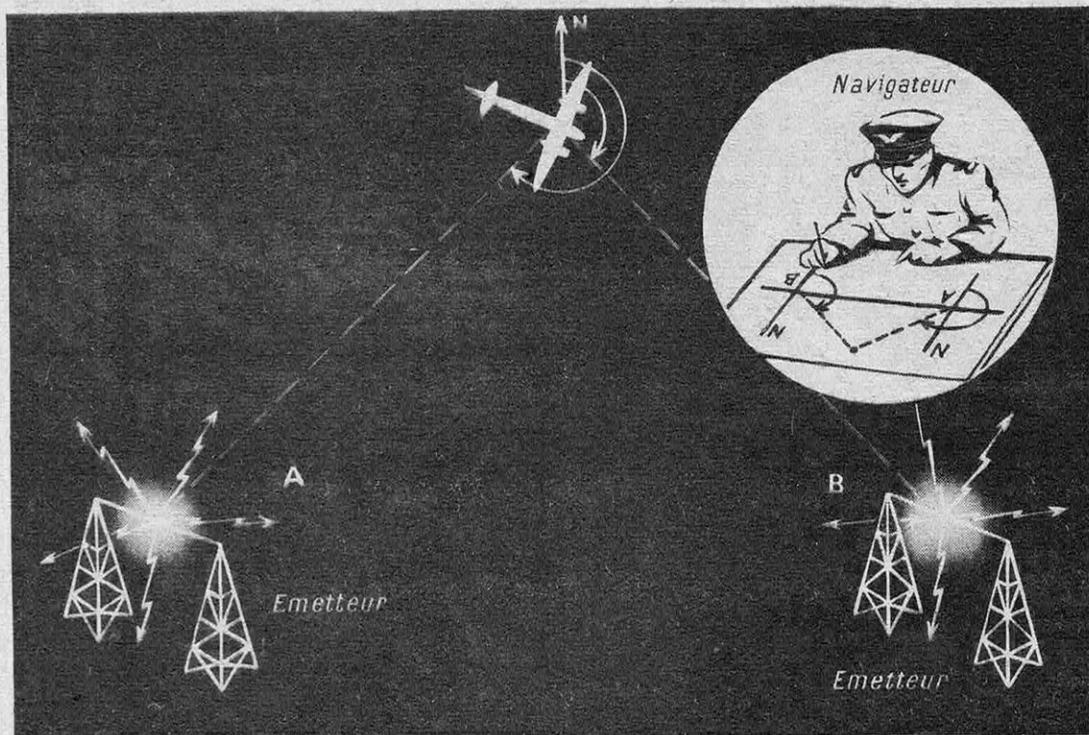


FIG. 7. — RADIOGONIOMÉTRIE A BORD

Le navigateur, repérant les positions du cadre de son récepteur qui donnent l'extinction pour les signaux émis par différentes stations terrestres, identifiées grâce à leurs indicatifs, peut déterminer ainsi leurs azimuts par rapport à lui et calculer lui-même sa position par relevement, sans avoir recours à aucun opérateur au sol.

les passages par la valeur zéro sont enregistrés par un compteur analogue au compteur kilométrique d'une voiture automobile. Si l'appareil a été correctement réglé au départ, le compteur indique le franchissement des hyperboles tracées sur la carte avec leur numéro de référence. Entre deux hyperboles de phase nulle, on peut tracer des hyperboles de phase quelconque correspondant aux valeurs indiquées par l'aiguille du phasemètre. Comme dans le système Gee, on utilise, pour situer l'avion, un troisième émetteur C et deux réseaux d'hyperboles, rouges et vertes par exemple. En réalité, les trois émetteurs A, B, C n'utilisent pas la même longueur d'onde (ou la même fréquence), car les émissions ne pourraient être séparées dans le récepteur pour être comparées dans les phasemètres ; on utilise trois fréquences qui sont entre elles comme trois nombres simples et on procède, dans le récepteur, aux multiplications de fréquences nécessaires pour les comparer deux à deux dans les phasemètres (1) (fig. 11).

Le radiobornage

Les systèmes hyperboliques présentent deux cas particuliers intéressants :

Le premier correspond au déplacement d'un avion sur l'hyperbole réduite à la droite (ou orthodromie) perpendiculaire au milieu de AB, pour laquelle les distances de l'avion à A et à B sont égales ; c'est un radioalignement.

Le second correspond au déplacement de

l'avion sur l'orthodromie AB, qui joint les foyers ; les hyperboles coupent alors la route AB en des points équidistants, réalisant ainsi, sur la route AB, une série de « bornes » analogues à celles des grand'routes. L'avion suivant la route à partir de son origine disposerait d'un compteur kilométrique (réglé au zéro lors du départ) indiquant constamment la distance parcourue. Le système Decca est particulièrement bien adapté à ce procédé. On peut d'ailleurs imaginer d'autres systèmes pour résoudre le même problème. L'idéal serait de pouvoir « numérotter » ces bornes afin qu'un appareil rejoignant la route en un point quelconque puisse utiliser le bornage. Un tel dispositif manque au système Decca, du moins jusqu'ici ; il faut en effet régler les compteurs d'après les coordonnées d'un point connu, en affectant les numéros de référence des deux hyperboles (rouge et verte) correspondantes. On ne peut actuellement utiliser ce système en cas de panne momentanée ou pour un avion venant de loin et entrant dans le réseau en un point mal défini.

Comparaison des systèmes de navigation

Au moment où des conférences internationales cherchent à définir quel sera le système futur de radionavigation, il est intéressant de préciser les données du problème ainsi posé.

Le système doit permettre à un avion quelconque de faire le tour du monde sans changer son équipement de bord et sans être monté par un équipage polyglotte. Il doit permettre une circulation aérienne intense (de plusieurs avions

(1) Voir « Le navigateur Decca » (Science et Vie, n° 347, août 1946).

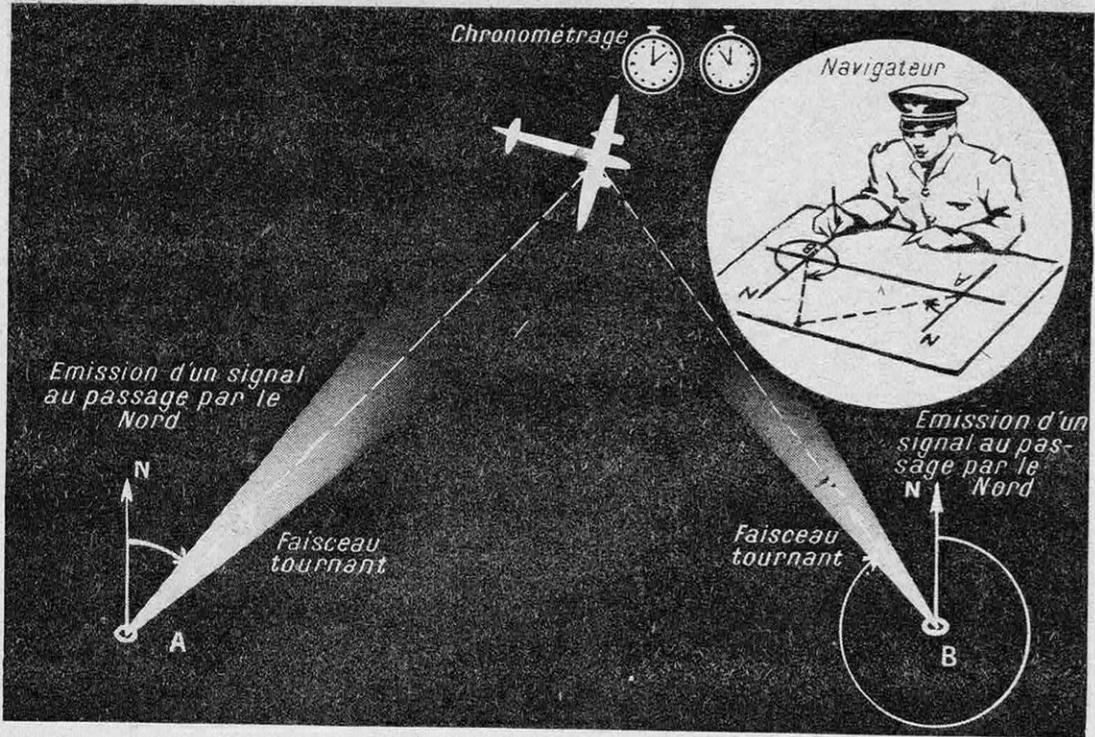


FIG. 8. — RADIOPHARES TOURNANTS

Le radiophare émet un signal au moment où l'axe de son faisceau passe vers le nord, et il suffit au navigateur de noter le temps s'écoulant entre ce signal et le moment où il reçoit le faisceau tournant pour calculer son azimuth par rapport au phare, connaissant la vitesse de rotation de celui-ci. Dans d'autres systèmes, le phare tournant à grande vitesse, c'est une mesure de phase qui permettra de calculer cet azimuth. Un seul phare permet de faire du « homing », plusieurs phares permettent d'établir un relèvement.

par minute autour des principaux aérodromes mondiaux), et cela quelles que soient les circonstances atmosphériques. Ces conditions conduisent à éliminer, malgré leurs qualités, tous les systèmes utilisant la radiotéléphonie, et tous ceux exigeant l'intervention d'opérateurs au sol chargés de repérer les avions et de leur retransmettre leur position : la radiogoniométrie au sol et la détection électromagnétique se trouvent ainsi rejetées.

La radiogoniométrie à bord d'avion est lente et peu précise ; elle n'est guère intéressante que dans le cas de « vol au but » ou « homing » lorsque l'avion se dirige vers l'émetteur ; le pilote utilise alors directement l'indicateur de relèvement pour tenir son cap.

L'avenir appartient aux procédés automatiques qui n'exigent l'intervention d'aucun opérateur au sol et simplifient au maximum le travail de l'équipage. Ces qualités sont celles du radiophare omnidirectionnel, du P. O. P. I., et du « Decca Navigator » puisque leurs mesures se traduisent par lecture directe sur un cadran.

Les systèmes hyperboliques du genre « radar » (Gee et Loran) donnent des lectures directes sur l'écran d'un oscillographe, mais l'exécution et l'interprétation de ces lectures exigent un certain entraînement des opérateurs du bord.

Il en est de même pour la mesure de distance à l'aide d'un émetteur à impulsions placé à bord de l'avion. D'autre part, ce procédé monopolise au profit d'un même avion, pendant une

fraction de seconde, le récepteur-répondeur qui reçoit et renvoie l'impulsion ; il y a donc possibilité de brouillage entre les émissions (aller ou retour) de plusieurs avions interrogeant le même récepteur-répondeur ; ce risque n'est vraiment dangereux que pour une circulation aérienne très intense, car la durée de chaque « interrogation-réponse » est très faible ; il n'en constitue pas moins une infériorité du radar par rapport au radiophare et au « Decca Navigator ». Une autre infériorité sérieuse du radar est la nécessité d'installer à bord de l'avion un émetteur spécial, d'ailleurs encombrant et coûteux. C'est pourquoi l'indication de la distance par un dispositif de radiobornage semble préférable si l'on se contente de l'exiger sur les lignes aériennes ; un tel dispositif ne demande l'installation à bord que d'un récepteur. Si, au contraire, on veut donner à l'avion son azimuth et sa distance par rapport à son point de destination, il faut recourir à un système conjuguant la mesure de l'azimut et celle de la distance, par exemple un radiophare complété par un répondeur radar. Les Anglais donnent à un tel système le nom très évocateur de « toile d'araignée » (fig. 4).

Ces considérations limitent le débat à la comparaison des radiophares omnidirectionnels, des systèmes hyperboliques genre Decca, éventuellement complétés par des mesures de distance genre « radar ».

Les radiophares ne sont pas parfaitement au point et on ne peut actuellement indiquer la



FIG 9. — RADAR AU SOL

L'avion est repéré en azimut et en direction par la mesure, à l'aide d'un oscillographe cathodique, du temps s'écoulant entre le départ et le retour d'une impulsion extrêmement brève, émise sur ondes courtes et réfléchi par l'avion, à qui on transmet ensuite par radiotéléphonie sa position ainsi calculée. Dans le système dit P. P. I. (Plan Position Indicator), l'aérien du radar tourne de façon continue ainsi que les plaques déflectrices de l'oscillographe cathodique, l'impulsion de départ s'inscrivant au centre de l'oscillographe, ce qui permet d'avoir sur celui-ci la représentation simultanée de tous les avions naviguant dans le champ de la station.

précision dont ils seront capables. Sous réserve que cette précision soit suffisante, ils constitueront un instrument de navigation très précieux. En effet, un radiophare placé à proximité d'un aérodrome permet à un avion, venant d'une direction quelconque, de se diriger vers l'aérodrome en faisant du « vol au but » ou « homing », ce qui constitue la méthode la plus pratique de navigation.

Les systèmes hyperboliques ne présentent pas cet avantage, et cela n'est pas surprenant puisqu'ils ont été imaginés et mis au point pour des besoins militaires. Les systèmes Gee, Loran, Decca ont été utilisés par des avions et des navires en mission de guerre, c'est-à-dire ne pouvant trouver à leur point de destination aucune aide, bien au contraire. Le problème de la radionavigation est tout autre et l'assistance la plus précieuse pour le navigateur est celle qui lui vient de l'aérodrome sur lequel il se propose d'atterrir : le pilote peut utiliser directement l'indication d'un radiophare pour naviguer en « vol au but ». Au contraire, l'utilisation d'un système hyperbolique exige l'intervention d'un navigateur, et celui-ci doit utiliser des cartes spéciales sur lesquelles sont tracées les hyperboles appropriées. S'il veut atteindre un terrain non pourvu d'un radiophare, il utilisera aisément les mesures faites sur les autres radiophares les plus proches, puisque ces mesures se traduisent pratiquement par le tracé de lignes

droites sur une carte aéronautique quelconque. On peut même imaginer des appareils calculateurs qui fournissent alors directement la route à suivre et la distance à parcourir pour atteindre le but choisi.

Les quatre aspects de la radionavigation

Il est d'usage de distinguer quatre problèmes de navigation aérienne :

- *La circulation libre loin des aérodromes* : localisation de l'avion par des procédés qui peuvent être discontinus et relativement lents ;
- *La circulation sur les routes aériennes reconnues* : localisation de l'avion en direction par rapport, éventuellement, des indications sommaires de distance ;
- *L'approche* dans un rayon de quelques dizaines de kilomètres autour des aérodromes : localisation aussi précise et continue que possible ;
- *L'atterrissage sans visibilité (A. S. V.)* : indication obligatoirement précise et continue, non seulement de la position géographique, mais encore de la position en altitude par rapport à la ligne de descente idéale correspondant à un atterrissage correct.

Le premier problème est parfaitement résolu pour un avion se trouvant soit à portée de deux radiophares (et suffisamment loin de la ligne qui les joint), soit dans la zone d'action d'une « chaîne » formée par les trois émetteurs conjugués d'un système hyperbolique.

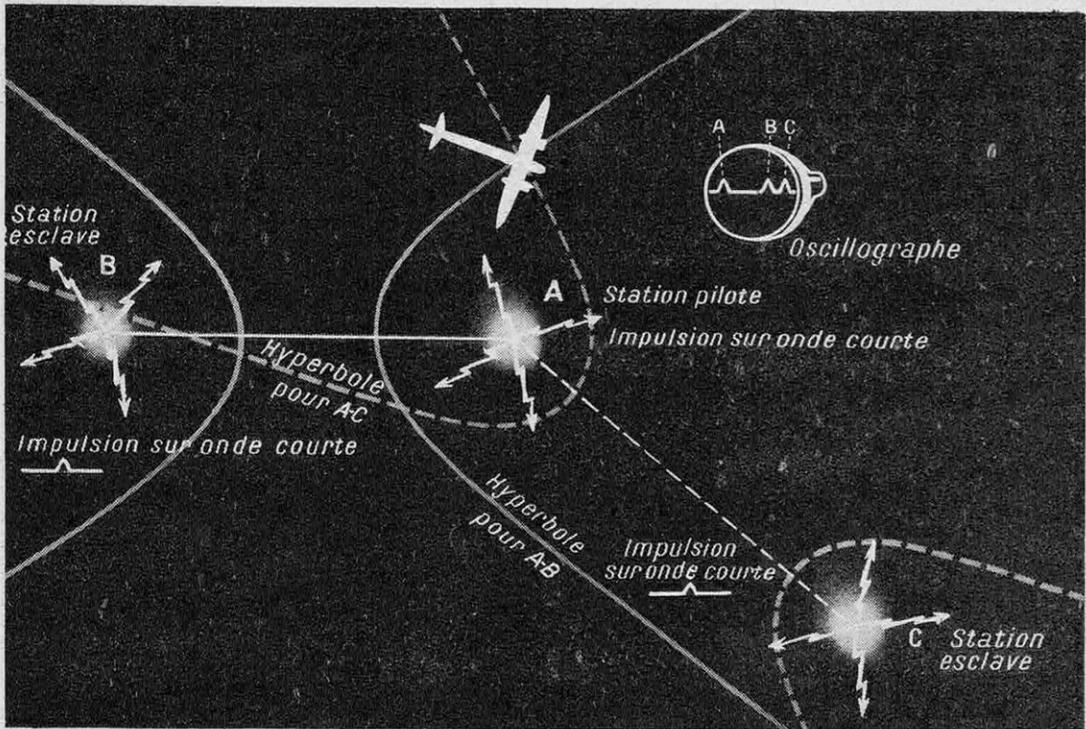


FIG. 10. — SYSTÈME GEE (ANGLETERRE) ET SYSTÈME LORAN (AMÉRIQUE)

Le navigateur mesurant, à l'aide d'un oscilloscope cathodique, la différence des temps mis pour lui parvenir par les impulsions brèves émises simultanément dans toutes les directions par deux stations éloignées, en déduit la différence des distances le séparant des deux stations et peut ainsi se situer sur un réseau d'hyperboles, préalablement tracées sur sa carte, ayant pour foyers les deux émetteurs. Un troisième émetteur lui permet de définir exactement sa position par recoupement sur un deuxième réseau d'hyperboles.

Le radiophare est mieux indiqué pour le second problème ; on peut alors compléter ses indications, au point de vue distance, soit par celles d'autres radiophares situés « par le travers de la route », soit par celles d'un mesureur de distance, soit enfin par celles d'un dispositif de radiobornage ; l'un de ces deux derniers procédés s'impose sur les routes tracées à travers les océans ou les régions inhabitées.

Le problème de l'approche ne se distingue plus des précédents si les procédés de navigation sont automatiques et continus, il faut seulement y ajouter le contrôle de la circulation aérienne ; les grands aérodromes disposeront d'une « tour de contrôle » où sera repérée sur une carte la position de tous les avions circulant dans un certain rayon autour de l'aérodrome. Le radar semble être l'instrument tout indiqué pour remplir cet office (P. P. I.).

Le problème de l'atterrissage sans visibilité est le plus difficile à résoudre ; aucun des procédés actuellement au point ne semble s'imposer comme solution définitive (1). On réalise en général un radioalignement sur l'axe de la piste d'atterrissage. On pourrait aussi utiliser deux radiophares ou deux mesureurs de distance pour donner automatiquement au pilote l'indication de sa position exacte par rapport au terrain et à la piste d'atterrissage. Il faut encore lui four-

nir la relation entre son altitude et sa distance au point d'atterrissage. Ceci est possible soit en matérialisant une trajectoire radioélectrique constituant un radioalignement dans le plan vertical (système Bendix, SCS 51, BABS, ABAS, etc...), soit en conjuguant dans un même indicateur les mesures de distance (radar ou radiophare latéral) et celles d'altitude (altimètre barométrique ou sondeur radioélectrique).

Enfin, il est un dernier problème qu'il importe de résoudre si l'on veut pouvoir organiser une circulation aérienne intense, c'est celui de la *signalisation réciproque des avions*. Il est en effet indispensable, pour éviter les collisions aériennes, que tout avion naviguant sans visibilité extérieure, puisse repérer les autres appareils se trouvant à proximité. Le problème ainsi posé est très difficile. Dans l'état actuel de la technique, le radar paraît seul capable d'apporter la solution cherchée, par des indications automatiques et continues. Mais il faut effectuer une exploration complète de toute la sphère autour de l'avion, à l'aide d'un véritable projecteur radioélectrique. Ce matériel est réalisable, mais il est encombrant et coûteux.

Choix d'un système international

L'exposé ci-dessus conduit à préconiser l'équipement suivant des terrains et des avions dans le monde entier :

1^o Près de chaque terrain très important, un radiophare omnidirectionnel à grande portée.

(1) Voir « Comment l'avion atterrit dans la brume » *Science et Vie*, n° 259, janvier 1939).

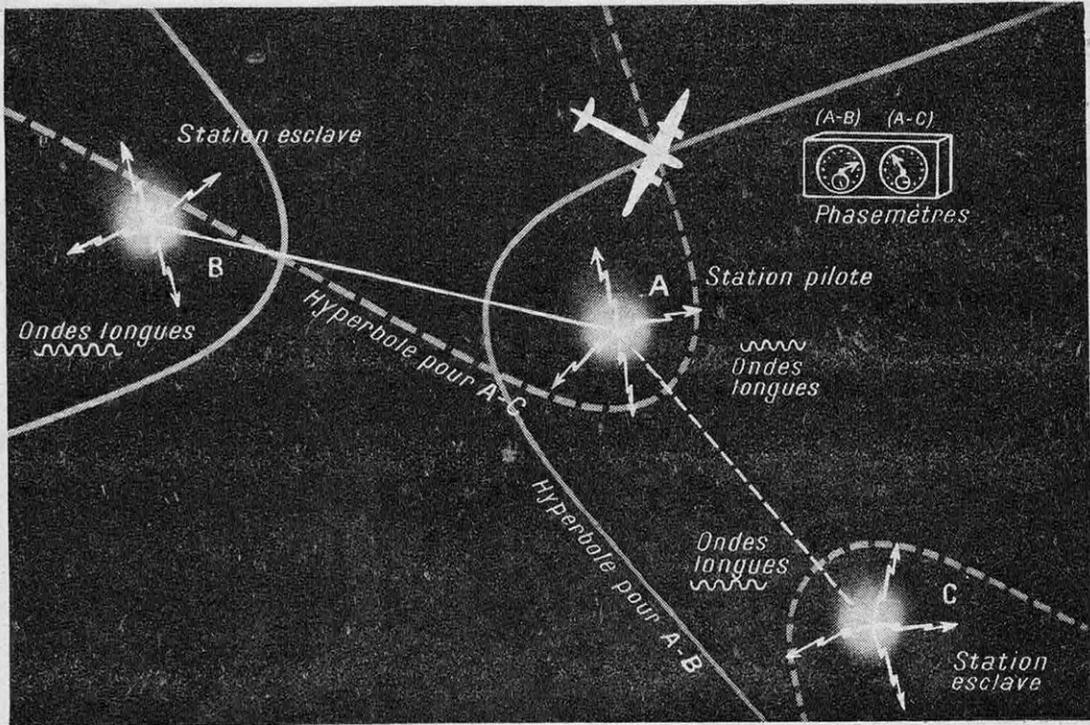


FIG. 11. — SYSTÈME DECCA

Le navigateur lit directement, sur le cadran d'un phasémètre muni d'un compteur de tours, le décalage à la réception des ondes entretenues de grande longueur émises en synchronisation, dans toutes les directions, par deux stations éloignées, et peut, comme avec les systèmes Gee et Loran, se situer sur un réseau d'hyperboles. Un troisième émetteur permet le recouplement sur un deuxième réseau d'hyperboles. Un calage préalable des compteurs est nécessaire, mais l'appareillage de bord est des plus simples.

2° Près des terrains d'escale des grandes lignes aériennes, des émetteurs de systèmes hyperboliques réalisant un radiobornage.

3° Près de chaque terrain équipé en A. S. V., deux radiophares à faible portée ou deux répondeurs radar fournissent la position de l'avion. On peut en particulier placer un radiophare sur l'axe de la piste d'atterrissage ; il est alors utilisé comme radioalignement, le second radiophare fournissant l'indication de distance.

4° Les avions sont tous équipés d'un récepteur de radiophare. Ceux qui doivent circuler quel que soit le temps reçoivent un récepteur spécial conjuguant les indications de deux radiophares pour donner directement au pilote la position de l'avion (approche et A. S. V.).

Enfin les long-courriers reçoivent un récepteur de radiobornage. Leur pilote trouve alors sur son tableau de bord des appareils extrêmement simples :

— Une aiguille ou flèche indiquant s'il se trouve à droite ou à gauche de la route.

— Un compteur kilométrique en tout point analogue à celui d'une automobile.

Lorsque tous les avions seront en outre dotés d'un dispositif de signalisation réciproque, l'automatisme absolu des indications nécessaires sera obtenu ; tous les pilotes pourront circuler sans difficulté dans le monde entier. Alors seulement l'on pourra dire que l'avion, selon une formule bien antérieure à sa naissance, est devenu « libre comme l'air ».

Liberté ou asservissement

Ceci n'est peut-être qu'un premier stade de réalisation, car une discussion de principe est ouverte aujourd'hui en ce qui concerne la navigation aérienne.

L'exposé ci-dessus s'est efforcé en effet de faire connaître les méthodes capables de rendre au pilote, au milieu de la brume, toute la liberté dont il jouit par temps clair en lui fournissant automatiquement sa position exacte, telle qu'il la jugerait par bonne visibilité. Mais certains estiment cette signalisation automatique insuffisante et prétendent qu'elle ne peut être qu'une étape intermédiaire vers la navigation automatique dans laquelle le pilote, s'il existe encore, se bornera à surveiller et à régler ses instruments, mais n'agira plus sur les commandes. Les dispositifs connus de pilotage automatique seraient alors directement actionnés par les appareils de radioguidage. L'atterrissage serait, en premier lieu, rendu automatique.

L'avion se comparera-t-il demain au navire ou à l'automobile que le pilote conduit à son gré, moyennant une bonne signalisation des routes et des obstacles ? Sera-t-il plutôt analogue à un train lié à des rails ? Il n'est aujourd'hui possible que de poser la question : liberté du pilote ou asservissement du pilotage. C'est à l'évolution de la technique qu'il appartiendra d'y répondre au cours des années à venir.

J. PIERGO

LE RÔLE DES TROUPES AÉROPORTÉES DANS UNE GUERRE FUTURE

par Camille ROUGERON

Engagées dans de multiples opérations par l'Allemagne et le Japon d'abord, par les Alliés ensuite, les troupes aéroportées ont souvent obtenu des succès remarquables, mais ont subi quelques échecs. La surprise a toujours joué en leur faveur ; l'action de masse indispensable pour l'exploiter leur a souvent fait défaut. L'armement léger auquel elles sont réduites n'est pas un obstacle à leur puissance, si l'on sait tirer parti de la fusée, de la charge creuse, du canon sans recul. Au lieu de ne former, comme aujourd'hui, qu'une fraction infime de l'effectif total des armées, les troupes aéroportées pourront alors en être l'élément principal et le débarquement aérien jouera dans la guerre future le rôle de la manœuvre des divisions blindées dans la guerre de 1939.

Les troupes aéroportées en 1939-1945

L'IDÉE de l'intervention, sur les arrières des armées, de troupes parachutées ou débarquées d'avion nous vient de l'U. R. S. S. Quelques années avant 1939, les grandes manœuvres soviétiques comportaient des descentes spectaculaires de plusieurs milliers de parachutistes avec tout leur matériel et le transport aérien de chars légers pour leur appui. Ces démonstrations furent accueillies avec un certain scepticisme et, en dehors de l'armée allemande, les quelques imitations qu'on en fit, l'« infanterie de l'air » française notamment, n'étaient pas jugées d'un gros intérêt militaire.

Dès 1936, l'Allemagne créait le premier régiment de parachutistes. En 1939, elle organisait la première division aéroportée et introduisait dans son équipement le planeur, qui augmentait la capacité de transport des avions et permettait le placement des troupes mises à terre avec plus de précision que le parachute.

Les unités du général Student entrèrent en action dès la campagne de Norvège et remportèrent des succès particulièrement brillants sur

le front occidental, en mai 1940. La prise du fort d'Eben-Emael en Belgique, le débarquement sur les arrières des armées hollandaises, puis le prolongement de la percée sur la Meuse par l'action des éléments déposés à Amiens et Abbeville prouvaient la puissance de l'arme nouvelle, en même temps qu'elles apportaient un concours précieux aux opérations régulières. Mais, si l'entreprise était largement payante eu égard aux effectifs engagés, le même résultat aurait pu être obtenu par l'action directe des divisions blindées et des escadres d'assaut.

L'affaire de Crète fut le premier exemple d'une opération accessible aux seules troupes aéroportées. La conquête des terrains et leur tenue malgré les contre-attaques permit de déborder la défense sous les effectifs mis à terre par l'aviation de transport et débarqués ensuite par voie de mer après expulsion de la Royal Navy et de la R. A. F. Presque aussi coûteuse pour les deux adversaires, elle marqua le plus grand succès des troupes aéroportées, à l'apogée de la Luftwaffe.

Il faut cependant croire que le commandement allemand estima les résultats disproportionnés

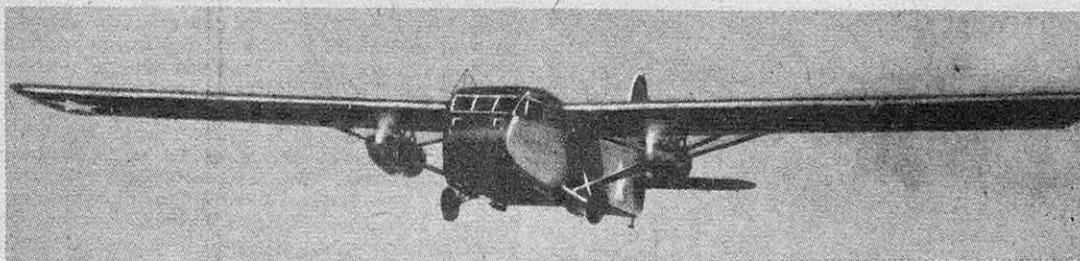


FIG. 1. — LE PLANEUR MOTORISÉ « WACO » CG-4

Le planeur « Waco », employé pour le débarquement de Normandie, peut recevoir deux moteurs auxiliaires qui lui permettent le décollage à vide, une fois sa mission remplie.

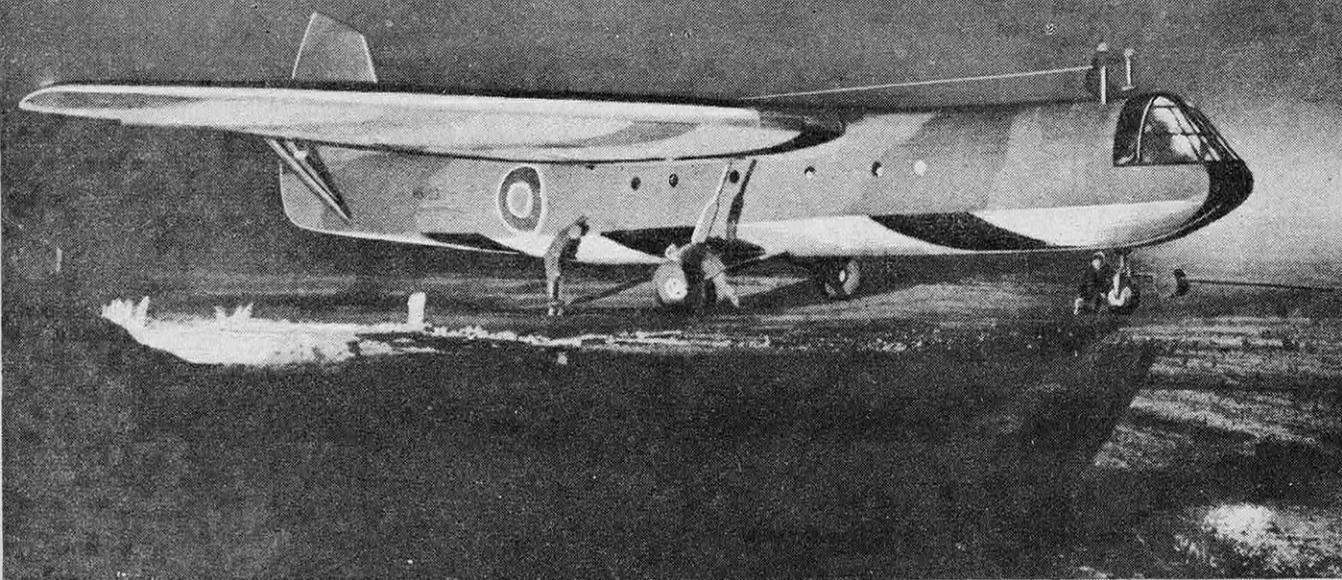


FIG. 2. — L'AIRSPEED « HORSA », LE PLANEUR BRITANNIQUE DU TYPE LE PLUS EMPLOYÉ LORS DU DÉBARQUEMENT DE NORMANDIE

Envergure : 26,84 m ; longueur : 20,43 m ; hauteur : 6,40 m. Charge utile : 2 pilotes et 25 hommes.

aux pertes, puisqu'il renonça aux débarquements aériens sur les arrières des armées soviétiques dans la campagne de Russie. A l'époque où la Luftwaffe détenait encore la maîtrise en Méditerranée centrale, le débarquement de Tunisie prolongea la lutte en Afrique du Nord, mais son succès ne s'explique que par les concours trouvés sur place. Ce fut le dernier exploit des parachutistes allemands, car on ne peut guère donner ce nom aux tentatives faites pour terroriser la population civile au cours de l'offensive des Ardennes, en décembre 1944.

La première division aéroportée britannique, composée de deux brigades de parachutistes et d'une brigade de planeurs, date de l'automne 1941. Une grande unité similaire apparaît l'année suivante aux États-Unis, et elle se trouve engagée en novembre 1942, lors du débarquement en Afrique du Nord.

Jusqu'à l'effondrement de l'Allemagne, les opérations de débarquement aérien des Alliés se poursuivent alors avec des fortunes diverses, en Méditerranée d'abord, sur le front occidental ensuite. En juillet 1943, le débarquement en Sicile de la 82^e division aéroportée américaine se révèle assez coûteux. En juin 1944, le débarquement de Normandie voit l'entrée en action de deux divisions américaines et d'un corps d'armée britannique aéroportés. En septembre, les troupes aéroportées accèdent à l'échelon armée, avec la 1^{re} armée alliée aéroportée, qui réunit l'ensemble des forces britanniques et américaines engagées en Hollande, très grosse opération qui n'est qu'un demi-succès, et même un échec pour les éléments britanniques défaits à Arnhem.

En mars 1945, le franchissement du Rhin racheta l'échec d'Arnhem. La 1^{re} armée alliée aéroportée réunissait sous le même commandement ses éléments aéroportés, la 6^e

division blindée de la Garde Britannique et de nombreux éléments d'artillerie et du génie.

Pendant les trois jours précédant les lâchers, 8 500 t de bombes furent lancées sur les communications allemandes du secteur. Le 24 mars, les avions de transport et planeurs du 9^e U. S. Troop Carrier Command et du 283^e et 45^e groupes de la R. A. F. mirent à terre 14 365 hommes, 695 véhicules, 113 canons, 109 t de munitions. Les bombardiers moyens et les chasseurs-bombardiers avaient réduit l'artillerie antiaérienne au silence avant l'arrivée des transports. Pendant toute la journée, au cours de 7 000 sorties, l'aviation coopéra directement aux opérations terrestres, frappant les communications, les emplacements d'artillerie, les positions fortifiées. Sur plus de 2 800 avions de transport engagés, 55 furent descendus. Les pertes jusqu'à l'atterrissage ne dépassaient pas 2 % des parachutistes et 3 % des planeurs.

Sur le théâtre d'opérations du Pacifique, les troupes aéroportées américaines intervinrent en septembre 1943 en Nouvelle-Guinée, en 1944 aux îles Noemfors, en 1944 et 1945 à Luzon, où elles finirent, le 14 février, par la prise de la forteresse de Corregidor, rappelant celle du fort d'Eben-Emael cinq ans plus tôt. Mais l'opération la plus remarquable, qui ouvre des voies nouvelles à l'action des troupes aéroportées, fut le ravitaillement en Birmanie centrale, pendant six mois, d'une division opérant sur les arrières japonais (1). La campagne de Birmanie a fourni le premier exemple d'armées entières transportées, appuyées, ravitaillées et évacuées exclusivement par voie aérienne ; le ravitaillement de la 16^e armée, qui comprenait, en

(1) Voir : « Trois années de lutte par la route de Birmanie » (Science et Vie, n° 334, juillet 1945).

avril 1945, 356 000 hommes, se montait à 1 750 t quotidiennement.

La surprise

Il est tout naturel que la surprise ait joué lors des premiers débarquements de parachutistes allemands en Hollande et en France, ou de l'atterrissage des planeurs garnis de pionniers dans les superstructures du fort d'Eben-Emael. Il est plus extraordinaire que, jusqu'à la fin, des éléments aussi fragiles que des parachutistes et des planeurs au cours de la phase d'atterrissage aient pu être déposés chaque fois avec des pertes infimes. Pendant la phase critique du rassemblement des éléments dispersés, l'adversaire n'est pas davantage intervenu. Le combat ne s'est engagé en général que plusieurs heures, quelquefois même une journée après l'atterrissage, comme dans le secteur tenu par les divisions aéroportées américaines en Hollande.

Cependant, le commandement de l'Axe était prévenu de la menace d'un débarquement aérien et avait fait prendre à ses troupes des dispositions de défense. En Normandie, comme en Provence, non seulement les terrains d'atterrissage présumés étaient minés et semés de pieux,

mais des réserves mobiles étaient destinées à la lutte contre les éléments aéroportés. L'intervention de ces réserves n'en resta pas moins le plus souvent tardive.

La surprise, malgré ces précautions, s'explique par l'étendue de la zone menacée. En supposant que l'adversaire connût exactement le stationnement des avions de transport et de leur escorte, il n'était pas en mesure de définir le secteur d'attaque à 500 km près. Encore le mouvement de l'aviation pouvait-il n'être exécuté qu'au dernier moment. Le débarquement de Sicile a été fait avec des planeurs amenés d'Angleterre au Maroc par la voie des airs, dont on pouvait craindre jusqu'au dernier moment l'intervention sur les côtes de la Manche et de la mer du Nord.

D'autre part, la maîtrise aérienne qui joue presque toujours au bénéfice de l'attaque lui permet de bloquer les communications à destination du secteur choisi. Les réserves locales peuvent seules intervenir après un déplacement lent, de nuit le plus souvent, et sans leur matériel lourd ; les réserves stratégiques sont intransportables, comme la preuve en a été faite aussi bien en Italie qu'en Normandie et en Provence.

A l'avenir, la surprise doit jouer encore davantage. Le rayon d'action de l'aviation de

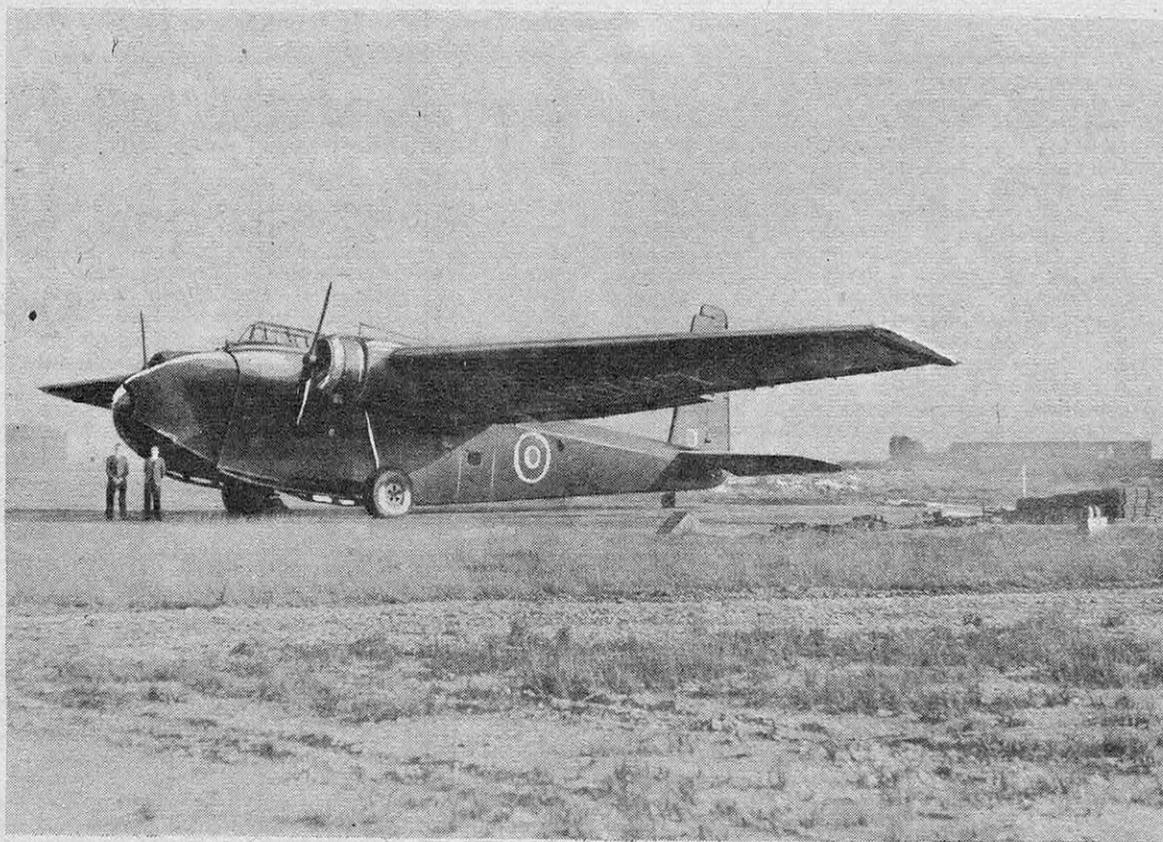


FIG. 3. — LE PLANEUR BRITANNIQUE « HAMILCAR », DE LA GENERAL AIRCRAFT, PEUT ÊTRE MUNI DE DEUX MOTEURS BRISTOL « MERCURY » XXXI

Ces moteurs lui permettent à la fois le décollage à vide d'un terrain de petites dimensions une fois sa mission remplie, et même le transport d'une charge réduite. Ses caractéristiques sont alors les suivantes : envergure : 33,52 m ; longueur : 20,72 m ; poids total : 17 741 kg ; vitesse de croisière : 193 km/h ; rayon d'action : 1 110 km.

transport augmentera. Les flottes de porte-avions peuvent l'accroître en prêtant leur concours. Les théâtres d'opérations probables s'étendront sur des continents entiers, de vastes zones inhabitées masqueront les préparatifs ou les objectifs des expéditions, que la défense risquera de découvrir seulement lorsque l'adversaire sera solidement accroché au terrain.

La coupure des communications à travers des étendues aussi vastes et désertiques sera beaucoup plus aisée que dans les secteurs parfaitement desservis d'Europe occidentale ou méditerranéenne où furent exécutés les débarquements aériens de 1943 à 1945. Certaines presqu'îles sibériennes ou du Grand Nord canadien ne sont guère accessibles que par mer, à la bonne saison, ou par air. Le seul moyen d'en chasser une troupe aéroportée qui s'y serait installée sera fréquemment de monter une deuxième expédition, aéroportée également, plus puissante que la première.

Le harcèlement et l'action de masse

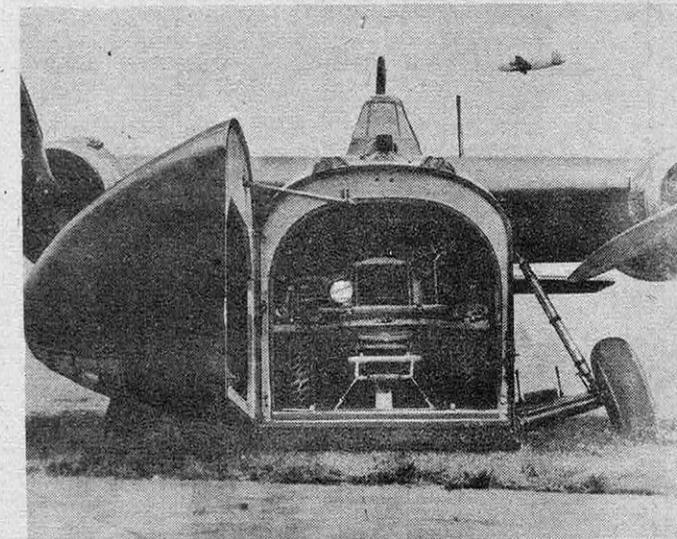
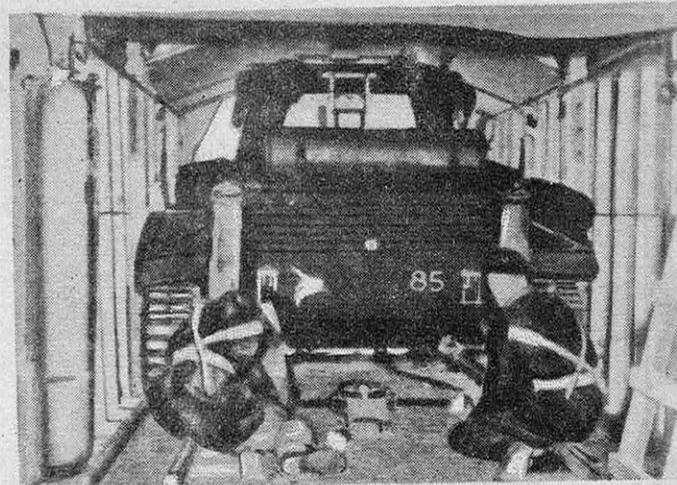
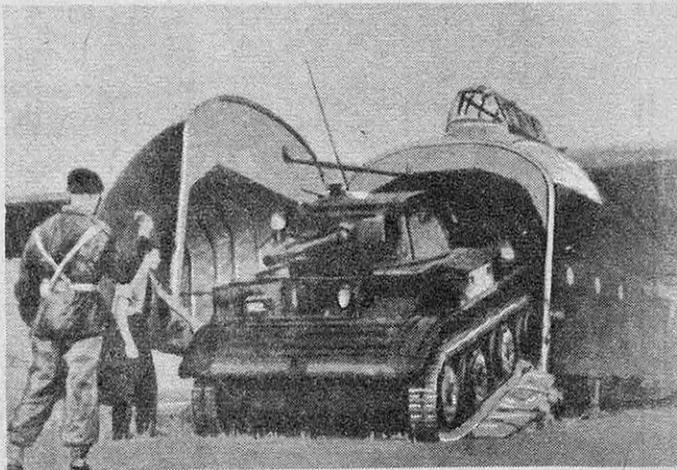
Trois chars surgissent autour d'un point d'appui d'une ligne fortifiée, arrosent les embrasures au lance-flammes, débarquent quelques hommes qui font sauter à l'explosif abris et fortins sur leurs occupants et se replient sous un tir de fumigènes. C'est une opération de harcèlement qui oblige à organiser sur tout un front une défense antichars serrée par mines, tranchées profondes, canons à grande puissance, quand la mitrailleuse sous une dalle de béton légère ferait beaucoup mieux l'affaire contre un coup de main à base d'infanterie.

Six divisions blindées submergent les défenses d'un secteur, prennent à revers les troupes voisines et font la liaison avec une attaque semblable montée à 50 km de là. C'est une opération de grande envergure dont la parade réclame des dispositions très différentes de la première, avec organisation en profondeur, réserves stratégiques importantes, prêtes à la contre-attaque, centres fortifiés largement approvisionnés pour une défense de longue durée au cas où ils seraient isolés.

On conçoit de même, sur mer, deux genres très différents d'opérations sous-marines : celle où un bâtiment isolé croise dans de lointains théâtres d'opérations où il impose l'organisation en convois qui suffit à limiter les dégâts ; et celle où une « meute » d'une douzaine d'assaillants, en plongée ou même en surface, déborde cette défense. Dans les airs : l'expédition à 1 000 bombardiers arrivant sur une ville de toutes les directions, à toute altitude, qui passe au travers des barrages insuffisamment denses, épuise la défense passive dans une lutte sans espoir contre des incendies multipliés ; et le raid de trois « Mosquitos », qui tient en haleine l'artillerie et la chasse dans une vaste zone, oblige à y donner l'alerte, et ensevelit finalement sous les débris de leurs habitations quelques civils fatigués qui auront voulu rester dans leur lit.

FIG. 4, 5 ET 6. — LE PLANEUR BRITANNIQUE GENERAL AIRCRAFT « HAMILCAR » PEUT EMPORTER UN CHAR LÉGER OU UN CAMION

On notera, sur la figure du bas, la disposition du train d'atterrissage, qui permet de poser le fuselage sur le sol en laissant tomber la pression des amortisseurs. La mise sous pression remet le planeur en position de décollage.



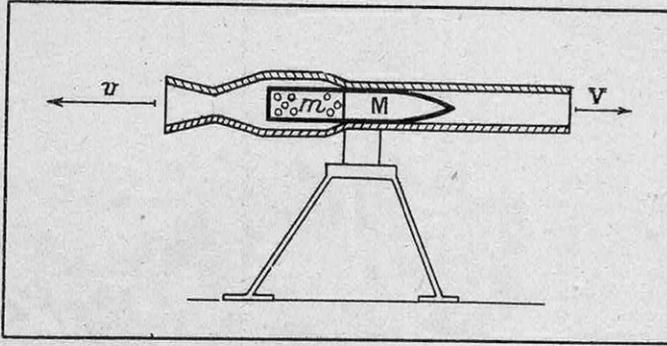


FIG. 7. — PRINCIPE DU CANON SANS RECOL

Les canons sans recul de la guerre de 1939 dérivent du canon américain Davis, construit pour essais au cours de la guerre de 1914. Le canon Davis, ouvert aux deux bouts, lançait son projectile vers l'avant et, vers l'arrière, un mélange de graisse et de plomb; les canons actuels se bornent à éjecter, à beaucoup plus grande vitesse que le projectile, la plus grande partie des gaz de la poudre vers l'arrière. Ils comprennent un tube fermé par une culasse dans laquelle est disposée une tuyère convergente-divergente. La cartouche se compose d'un projectile ordinaire et d'une douille perforée, qui laisse échapper les gaz vers l'arrière. Si M est la masse du projectile, V sa vitesse à la bouche, m la masse de la poudre, v la vitesse des gaz au sortir de la tuyère, le tube et par suite l'affût ne recevront aucune réaction si la quantité de mouvement $m v$ de la poudre est égale à la quantité du mouvement $M V$ du projectile, en négligeant la masse de poudre qui s'échappe par la bouche après sortie du projectile. Comme la vitesse des gaz est de l'ordre des 2 000 m/s obtenus dans les fusées, on voit que, pour tirer à $V = 350$ m/s, il suffit d'une masse m de poudre qui soit le sixième environ de celle du projectile, donc de l'ordre de 1 kg pour un obus de 75 mm de 6 kg. L'utilisation des gaz de la poudre comme masse reculante n'est donc pas très coûteuse. On remarquera l'analogie du canon sans recul et du frein de bouche (1) où les gaz sont également projetés vers l'arrière par une tuyère convergente-divergente coudée entre 90° et 180°. Le rendement de la tuyère de culasse est supérieur: la direction moyenne des gaz est rectiligne; ils sont éjectés exactement dans l'axe; la plus grande partie est projetée vers l'arrière, la tuyère étant ouverte dès la mise de feu.

(1) Voir « Le frein de bouche » (*Science et Vie*, n° 326, novembre 1944).

L'action des troupes aéroportées se divisera de même en expéditions de harcèlement et opérations à gros effectifs, qui auront l'avantage d'obliger l'adversaire à des mesures de défense différentes et généralement contradictoires. C'est croyons-nous, une des erreurs du commandement allié et même, malgré ses succès, du commandement allemand, que de n'avoir pas suffisamment accentué les caractères propres de ces deux modes d'action opposés de leurs troupes aéroportées.

L'expédition de harcèlement n'est autre que la transposition de l'opération de « commandos » dont elle étend la menace à tout un territoire au lieu d'une étroite bande côtière. En Norvège, en Normandie, à Saint-Nazaire, les « commandos » britanniques avaient parfaitement réussi à imposer à l'adversaire une puissante organisation défensive qui immobilisa pendant plusieurs années, à une période critique, des centaines de milliers de travailleurs et des dizaines de divisions. On ne peut reprocher au commandement britannique de n'avoir pas songé à la transposition aéroportée, puisqu'il fit une tentative, malheureuse, en Calabre. Quant au commandement allemand, il n'essaya même pas de confier de telles missions à ses troupes aéroportées; l'effet de telles diversions dans les Iles britanniques, en mai-juin 1940, aurait cependant pu avoir des conséquences sérieuses.

L'intérêt des expéditions de harcèlement et la difficulté de leur parade croissent avec l'étendue des territoires occupés par l'adversaire. Elles l'obligent alors à un dispositif très dispersé, absorbant beaucoup de monde, et qui ne convient pas contre une opération à gros effectifs.

Le rendement de ces expéditions est particulièrement élevé dans les régions où l'on peut compter sur le concours des populations. Au besoin, il est un moyen de forcer ce concours par les mesures répressives qu'il provoque, car il est assez difficile de distinguer les destructions faites par des éléments de guerrillas recrutés dans le pays même et celles qui sont l'œuvre de combattants réguliers déposés par avion.

Le commandement soviétique a été le premier, et à peu près le seul, à comprendre l'intérêt du harcèlement dans la zone d'arrière par des unités de faible effectif débarquées dans des régions de nettoyage difficile, y combattant plusieurs mois, vivant sur le pays, se ravitaillant en munitions et en explosifs par le moyen de leurs prises. A l'Ouest, le commandement anglo-américain a apporté un concours mesuré aux éléments résistants des populations occupées, mais n'y a pas engagé ses propres effectifs; leur réussite eût cependant été fort probable, à en juger par les milliers d'aviateurs descendus qui parvinrent à échapper aux recherches et à rejoindre leurs unités.

Parmi les possibilités d'action négligées, il faut signaler les débarquements d'unités à faible effectif au voisinage d'une frontière neutre, où elles se seraient fait interner une fois leurs destructions exécutées. Pour quelques milliers d'hommes sacrifiés temporairement, les Alliés auraient obligé l'Allemagne à organiser, le long des frontières de Suisse et de Suède, une véritable ligne fortifiée tenue par des effectifs très supérieurs.

A l'avenir, le rembarquement des éléments mis à terre offre des perspectives intéressantes. L'emploi d'avions atterrissant sur terrains étroits, de fusées de décollage, de planeurs accrochés en vol, d'hélicoptères, en mélange avec les expéditions de bombardement, doit permettre de déposer et d'enlever, pour des missions allant d'une nuit à quelques jours, des groupes d'effectif total élevé.

Les opérations importantes ont généralement échoué par insuffisance d'effectifs. Ce qu'on croit être le juste milieu ne convient pas mieux en matière de débarquement aérien que de débarquement côtier. Il faut choisir entre le « commando » de quelques centaines d'hommes, et l'affaire montée sur le pied du débarquement en Normandie; l'échec de Dieppe tient à ce qu'il participait de l'un et de l'autre.

Au fond, si l'ensemble des opérations confiées par le commandement allié aux troupes aéroportées n'a pas donné ce qu'il en attendait, malgré de très gros sacrifices eu égard aux effec-



FIG. 8 ET 9. — CANONS SANS RECU DE L'ARMÉE AMÉRICAINE

A gauche, canon M-18 de 57 mm, qui pèse 20 kg seulement; sa longueur est de 1,55 m. Il envoie à 3 200 m un projectile explosif de 1,35 kg. Il peut être tiré à l'épaule ou couché. A droite, canon M-20 de 75 mm, qui pèse 50 kg et est long de 2,08 m. Il peut être tiré et transporté par deux hommes. Il envoie un projectile de 6,300 kg à plus de 6 km. On remarquera la douille perforée, pour l'échappement des gaz de la poudre, éjectés ensuite dans une tuyère convergente-divergente de culasse. L'affût est le trépied réglementaire de la mitrailleuse américaine de 7,62 mm. Il a été employé pour la première fois à Okinawa.

tifs engagés, c'est que ces effectifs étaient insuffisants. L'effort des Alliés a porté beaucoup plus sur les moyens de transports aériens que sur les hommes.

Leur conduite en matière de troupes aéroportées n'est qu'un aspect de la politique générale du maximum de matériel pour le minimum de personnel. Dans les opérations de débarquement par voie de mer, on doit assurément admirer le travail des quelques divisions déposées successivement en Afrique du Nord et en Italie. Est-on bien sûr cependant que des résultats beaucoup plus rapides et beaucoup moins coûteux n'auraient pas récompensé un calcul un peu moins serré des effectifs indispensables ? Deux divisions de plus, déposées à Bône et Philippeville, auraient évité la longue campagne de Tunisie, en rejetant à la mer, dans la première quinzaine de novembre 1942, les 1 000 à 2 000 hommes que la Luftwaffe amenait journallement de Sicile. La période critique du débarquement américain à Salerne et l'organisation en Italie méridionale d'un front allemand qu'il fallut péniblement refouler jusqu'à la vallée du Pô auraient été évitées si les Alliés avaient eu quatre divisions de plus à déposer un peu plus au nord. Il n'y eut pas que des avantages, à la quatrième année de guerre pour la Grande-Bretagne et à la deuxième pour les États-Unis, à ne mettre en ligne qu'une dizaine de divisions sur le théâtre principal d'opérations.

Si aucune catastrophe n'en est résultée pour les débarquements par voie de mer, les résultats peu brillants des débarquements aériens et l'échec d'Arnhem en particulier doivent être imputés à cette insuffisance d'effectifs. De l'aveu allemand, la contre-attaque d'Arnhem n'a réussi que de justesse ; tenue à une densité un peu

supérieure, la tête de pont britannique résistait, et le Rhin était franchi dès septembre 1944 au lieu de mars 1945, avec toutes les conséquences qu'on peut attribuer à une irruption en Allemagne du Nord, au lendemain des pertes sévères subies en France par la Wehrmacht.

Ce qui surprend, dans ces opérations, où l'on compte, en quelques jours, les sorties d'avions par dizaines de milliers, c'est la disproportion entre la préparation, l'appui, et les effectifs terrestres engagés. A quoi bon couper les communications sur 50 000 km², détruire les terrains d'aviation et la D. C. A., si l'on n'a ensuite à déposer que des effectifs squelettiques baptisés divisions, corps d'armée et armées pour donner le change ? Lors de l'opération de Hollande, qui fut de beaucoup la plus importante, 34 800 personnes furent mises à terre par 5 000 avions et 2 000 planeurs. On a quelquefois expliqué l'échec par la nécessité du débarquement en deux fractions, à quelques heures d'intervalle, des forces britanniques engagées à Arnhem. Si les 5 000 avions avaient pu renouveler leurs voyages le lendemain et les jours suivants, en déposant chaque fois quelques divisions pour renforcer les premières, les défenseurs de la tête de pont n'auraient pas été écrasés sous le nombre. Ce qui manquait pour soutenir la contre-attaque, ce n'était pas le bombardier ou le chasseur d'appui, mais le fantassin dans son trou, qui tient une position pendant des semaines s'il est remplacé à mesure qu'il disparaît.

Les expéditions de harcèlement et les opérations à gros effectif trouveront, les unes et les autres, leur place dans la guerre future. Les premières feront planer sur de grandes étendues une menace qui obligera l'adversaire à y disperser ses forces ; elles donneront la main aux



FIG. 10. — UNE BATTERIE DE QUATRE 75 MM AMÉRICAINS SANS RECOL

populations difficilement maintenues sous le joug de l'occupant; elles opposeront un obstacle insurmontable aux tentatives de domination mondiale. Les dernières, alimentées de façon continue, mettront en jeu des effectifs comparables à ceux des armées de la dernière guerre; la réduction des poches ainsi créées, avec des troupes décidées à la résistance et régulièrement ravitaillées, sera une véritable guerre de places plus onéreuse pour l'assiégeant que pour le défenseur, dans les secteurs favorables. L'exemple de l'opération de Birmanie montre qu'il sera impossible d'éliminer les troupes débarquées.

L'armement

L'obligation de se limiter à un armement léger, adapté à la capacité de transport des avions, est généralement considérée comme une

grave sujétion des troupes aéroportées. Comment des éléments débarqués avec quelques mitrailleuses et canons légers de campagne lutteraient-ils à égalité contre un adversaire qui peut les écraser sous ses chars lourds et son artillerie à longue portée? Y a-t-il d'autres moyens de rétablir l'équilibre que de se lancer dans une course au tonnage des avions de transport qu'on chargerait de fardeaux de plus en plus lourds?

La capacité de transport des avions et des planeurs actuellement en service ne doit pas être sous-estimée. Les bimoteurs et quadrimoteurs récents peuvent emmener une véritable artillerie de campagne; les derniers planeurs britanniques « Hamilcar » remorqués par quadrimoteurs emportent des chars légers. A condition d'y mettre le tonnage et le prix, on peut aujourd'hui transporter par air les plus archaïques des matériels dont le combattant a coutume de

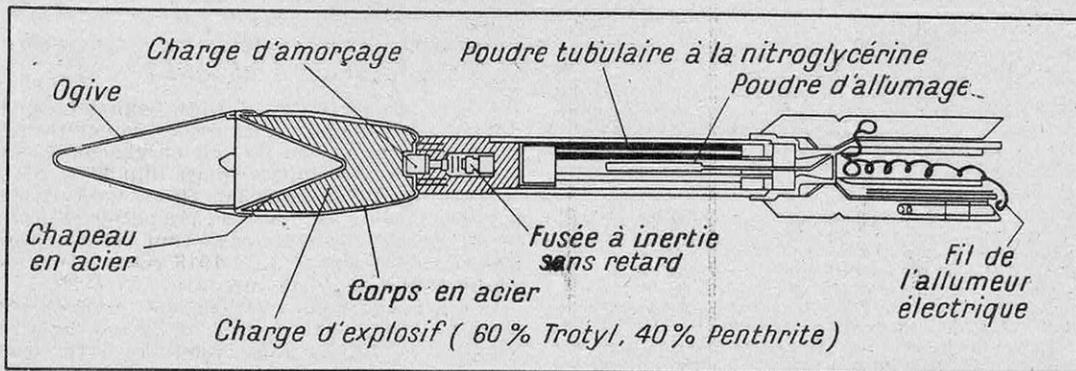


FIG. 11. — COUPE D'UN PROJECTILE ANTICARS DE « BAZOOKA »

se faire suivre, s'il s'agit seulement de ne pas troubler ses habitudes.

Mais, avant de lancer les futures armées dans cette voie, il reste à savoir si ce matériel de transport difficile a bien les qualités qu'on lui attribue et si le combattant qui en est privé est tellement surclassé par l'autre. Jusqu'à la fin de la guerre, tous les belligérants ont cru pouvoir économiser leurs ressources en hommes en mettant à leur disposition un armement de plus en plus nombreux et de plus en plus lourd. Les chars « Staline » succédaient aux chars « Tigre », les canons de 280 mm aux canons de 210 mm ; on a même vu des V-2 intervenir dans le combat terrestre. Heureusement pour l'appréciation de la valeur exacte de ces engins, leur transport a été entravé à quelques reprises, et des unités réduites à leur armement individuel ont été engagées contre un adversaire en possession de tous ses moyens. Tel a été le cas notamment en Normandie, où des divisions allemandes envoyées en renfort et soumises sur le parcours aux attaques des avions alliés ont rejoint le front avec le seul chargement qu'un homme pouvait porter sur sa bicyclette. Sur le front de l'Est, après les très grosses pertes subies par la Wehrmacht de la Vistule à l'Oder, il a fallu opposer aux chars « Staline » et aux puissantes masses de l'artillerie lourde soviétique des formations nouvelles très légèrement armées. Cependant, la capacité combative des troupes ainsi engagée n'était pas tellement diminuée. La mitrailleuse et le « Panzerfaust » arrêtaient aussi bien l'adversaire qu'une contre-attaque de chars brisée par les « rockets » des chasseurs-bombardiers alliés.

Les armées qui n'avaient pas su apprécier l'intérêt du char et de l'avion d'assaut s'inter-

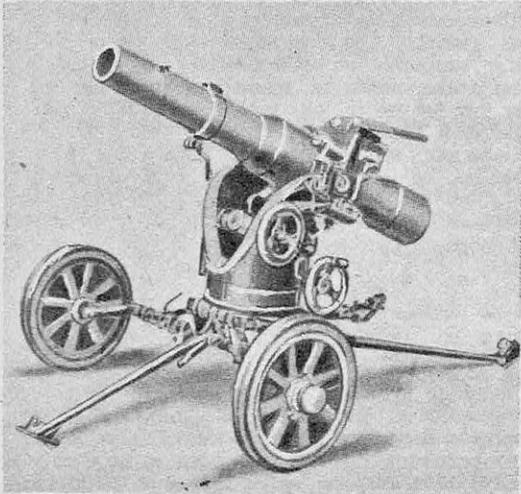


FIG. 12. — LE CANON ALLEMAND SANS RECOL DE 75 MM

Le canon allemand de 75 mm LG-40, destiné aux troupes aéroportées, est un matériel sans recul à éjection de gaz par la culasse. L'allègement a été porté au maximum par la construction en tubes d'acier et en alliages légers moulés. Le poids en position de route a été réduit ainsi à 147 kg ; la longueur ne dépasse pas 1,14 m. La vitesse initiale, avec le projectile contre le personnel, est de 365 m/s et la portée de 6 700 m. Trois projectiles peuvent être tirés : un projectile contre le personnel, un projectile de rupture, un projectile à charge creuse.

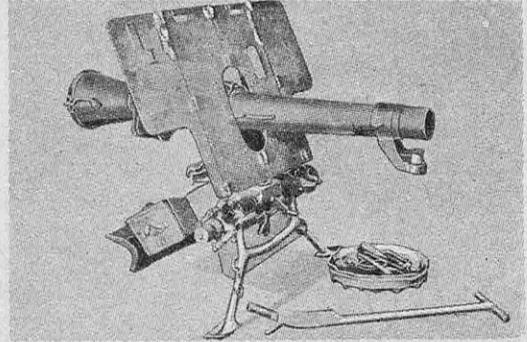


FIG. 13. — L'OBUSIER ALLEMAND LG-40 SANS RECOL DE 105 MM

L'obusier allemand de 105 mm LG-40 est basé sur le même principe que le 75 mm LG-40. Il pèse 388 kg, tire le projectile contre le personnel à 346 m/s, la charge creuse à 375 m/s ; la portée est d'environ 6 000 m. Un modèle plus puissant a été établi, le 105 mm LG-42 dont la portée atteint 7 800 m.

rogeaient en 1940 avec la même anxiété que les troupes débarquées d'avion : comment un fantassin pouvait-il résister à ces matériels sans en avoir de semblables à leur opposer ? L'armée allemande leur a donné la réponse. Faute de chars et d'avions, on se bat avec des mitrailleuses et des grenades. Tout un armement peut être conçu à base de canons automatiques de petit calibre, de charges creuses, de fusées, de canons sans recul, qui réunira la puissance et la légèreté. Non seulement il se prêtera au transport par avion, mais il conviendra beaucoup mieux que l'armement en service aux transports terrestres dans le cas, qu'il faut toujours prévoir, où l'on ne serait pas à l'abri du bombardement aérien ou du tir à grande distance.

L'armement futur des troupes aéroportées sera le même que celui des troupes destinées à se déplacer sur terre. Avec des matériels de 100 kg décomposés en fardeaux qu'on pourra porter à dos d'homme, les armées enlèveront des lignes fortifiées devant lesquelles elles avouaient leur impuissance quand elles n'avaient pour les aider que des obusiers de 400 mm. Et l'on règlera par la même occasion la question de la part à réserver aux troupes aéroportées dans l'armée de demain : toutes seront aéroportables.

La guerre future sera-t-elle une guerre de débarquements aériens ?

Il n'y a pas d'erreur plus commune que d'attribuer à la guerre future les caractères de la précédente, au lieu de voir en chacun d'eux une série de possibilités quasi illimitées, d'où un chef doué d'imagination tirera un système nouveau et complet. L'armée aéroportée se prête à de telles constructions, tout comme les combats de chars de 1914-1918 contenaient en germe toute la guerre mécanisée de 1939.

Les débarquements aériens ont prouvé leur puissance en même temps qu'ils ont montré leur limite. La guérilla conduite avec leur concours s'est révélée comme l'un des moyens d'usure qui peuvent le mieux épuiser les forces d'une armée contrainte à l'occupation de terri-

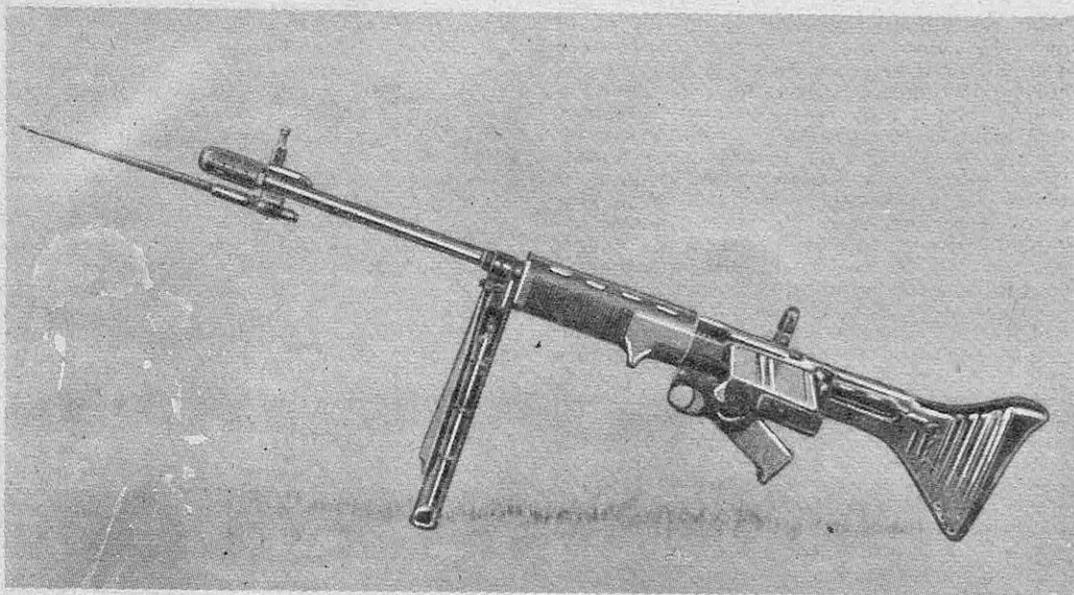


FIG. 14. — FUSIL AUTOMATIQUE ALLEMAND POUR PARACHUTISTES

Le fusil allemand de 7,92 mm FG-42 (Fallschirmjäger Gewehr 42) est le type de l'arme allégée pour parachutistes. Il peut être employé soit comme fusil semi-automatique, c'est-à-dire à chargement automatique à tir coup par coup, soit comme fusil-mitrailleur à tir automatique; en raison de son poids réduit (4,9 kg) et de sa longueur (90 cm), il peut même être utilisé comme mitrailleuse « lourde » par le fantassin marchant. Il tire la cartouche ordinaire pour fusil Mauser. L'allègement a été obtenu par le raccourcissement du canon qui a 480 mm seulement et de la baïonnette; la longueur de l'arme est de 0,90 m sans baïonnette et 1,08 m avec baïonnette. La cadence est de 600 coups/minute; le chargeur est approvisionné à 20 coups. On remarquera quelques particularités intéressantes: la crosse en tôle d'acier emboutie et raidie, le bipied en tôle emboutie qui se replie vers l'avant, autour du tube, pour former fourreau de baïonnette. Les inconvénients de l'arme sont d'abord une légère réduction de vitesse initiale, qui tient au raccourcissement du canon, mais qui n'est pas très grave étant donné l'excès de puissance que l'on s'accorde à reconnaître au fusil et aux armes automatiques d'infanterie; l'échauffement rapide en tir continu, qui impose une discipline de feu plus stricte qu'avec les mitrailleuses légères et lourdes; enfin, le poids élevé des munitions, non allégées, qui est l'obstacle toujours opposé à la généralisation de l'arme automatique.

toires étendus. Les opérations à gros effectifs ont eu des fortunes diverses : les deux plus im-

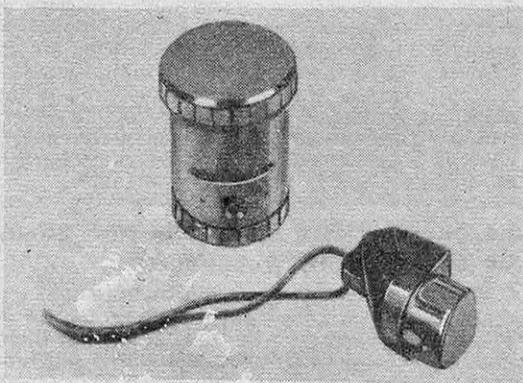


FIG. 15. — LE « MÉTASCOPE », APPAREIL DE RASSEMBLEMENT POUR PARACHUTISTES

L'une des grosses difficultés rencontrées par les troupes aéroportées est le rassemblement des unités dispersées au cours du parachutage. Le « métascop » est un appareil émetteur de rayons infrarouges qu'on place sur une perche au point de rassemblement choisi et qui permet de guider les parachutistes munis de l'appareil d'observation complémentaire. Il a été utilisé pendant les derniers mois de la guerre sur le front occidental.

portantes, montées respectivement par l'Axe et par les Alliés, ont connu un gros succès en Crète et un échec sévère à Arnhem. Dans les deux cas, le résultat final a démenti les pronostics du début : l'affaire de Crète avait assez mal commencé pour les troupes allemandes qui paraissaient contenues au voisinage des quelques terrains d'aviation dont elles s'étaient saisies; le débarquement aérien en Hollande avait, au contraire, submergé la défense locale sur une vaste zone. Mais, en Crète, la défense devait finalement être débordée par les renforts continus amenés par air, puis par mer, tandis qu'après le gros effort fourni le premier jour l'aviation alliée s'est trouvée avoir épuisé en Hollande les ressources en hommes réservées pour le franchissement du Rhin. L'action des troupes aéroportées, qui bénéficie plus qu'aucune autre de la surprise, reste donc soumise aux lois qui subordonnent le succès final à la réunion des plus gros effectifs au point décisif. Ce n'est pas en formant, dans une armée de plusieurs millions d'hommes, 10 000 ou 20 000 combattants au transport par air que l'on mettra en échec des forces de même composition.

La leçon des opérations à base de chars au cours de la guerre 1914-1918 avait été semblable. Les premières attaques de 1916 britanniques et françaises, à moyen effectif, avaient surpris l'adversaire comme les débarquements aériens le firent de 1939 à 1945, mais cette surprise

n'avait pas empêché qu'elles fussent finalement repoussées avec de grosses pertes. En 1917, avec un gros effectif de chars, la percée de Cambrai réussit parfaitement, mais ne fut pas exploitée ; quelques jours plus tard, la contre-attaque, qu'on avait laissé au commandement allemand le temps de monter, ramena les troupes britanniques sur leur ligne de départ. Lors des grandes offensives alliées de 1918, la nécessité de l'action massive des chars et de l'exploitation ininterrompue, leçon de 1916 et de 1917, fut parfaitement comprise. Le mérite de Hitler est d'avoir construit tout un système de guerre sur cette expérience, en extrapolant à quelques milliers de chars les résultats obtenus avant lui avec quelques centaines et d'avoir pu l'appliquer pendant les trois années 1939, 1940 et 1941, jusqu'au moment où le commandement soviétique trouva une parade devant Moscou.

Il est beaucoup plus aisé d'organiser toute une armée pour la guerre aéroportée que pour la guerre mécanique. Il faut, dans un cas, fournir à chaque combattant ce matériel lourd et coûteux qu'est le char ; il suffit, dans l'autre, d'alléger son armement au degré compatible avec le transport par avion. Pour équiper en 1939 une division blindée sur dix, il a fallu cinq ans à Hitler ; le même effort eût suffi à transformer en parachutistes toute la jeunesse allemande mobilisée.

S'il n'est pas possible de construire assez de matériel volant pour embarquer toute une armée en avion et en planeur, ce n'est heureusement pas nécessaire. La richesse de l'armée allemande en Crète, ce n'était pas sa flotte de Junkers Ju-52, très inférieure en nombre et en charge utile aux milliers de gros avions dont disposait en 1945 l'armée américaine, c'était l'effectif de ses troupes équipées et entraînées en vue du transport par avion. Pendant les quelques jours où se décida le sort de la Crète et le laps de temps de même ordre où résista la division d'Arnhem, une

aviation de transport établie sur la base de celle des Alliés en 1945 eût transporté plus d'hommes que l'Allemagne n'en avait sur le front occidental. On croyait avoir manifesté son intérêt envers la division blindée de 1939 en lui donnant un puissant encadrement avec plus d'officiers que de chars. Face à une Panzerdivision équipée d'un matériel triple, on la trouvait alors « insuffisamment étoffée ». La puissance d'une armée aéroportée ne se mesurera pas davantage au nombre de ses corps d'armée et de ses divisions, mais au nombre de ses hommes, et celle des 13 500 hommes qui furent déposés sur la rive droite du Rhin, le 24 mars 1945, n'est pas un exemple à donner pour l'organisation de demain, même si la situation difficile où se débattait alors la Wehrmacht ne lui a pas permis de les repousser.

Le problème de l'armée aéroportée comme de l'armée mécanique est celui des sacrifices à imposer pour développer l'élément retenu au degré de puissance requis. Pour constituer ses « Panzerdivisionen » de 1939, l'Allemagne a sacrifié sa cavalerie et une grande partie de son artillerie. Mais les grandes unités qu'elle formait en échange n'ont rien eu à craindre de l'assaut des régiments de cavalerie polonais, et ont fort bien raflé en France l'énorme matériel des réserves générales d'artillerie. Le pays qui misera demain sur l'arme aéroportée devra sacrifier cette fois ses chars comme ses canons lourds, pour que des centaines de milliers de parachutistes porteurs de « Bazooka » puissent encercler et détruire les divisions blindées comme les régiments d'artillerie. Mais seuls s'en étonneront ceux qui n'auront pas observé que c'est à un allègement semblable de ses matériels que Gustave-Adolphe a dû ses succès ; ses canons d'accompagnement en tôle mince, cerclés de cuir et poussés à bras, n'avaient rien à craindre des convois de pièces tirées par douze chevaux.

C. ROUGERON

Dans un rapport soumis par un groupe de conseillers scientifiques à M. Baruch ; représentant des États-Unis au Comité de l'Énergie atomique des Nations Unies, on trouve d'intéressantes précisions sur le prix de revient éventuel de cette énergie du point de vue industriel. Ils estiment que, compte tenu des dangers et avantages spéciaux des futures centrales atomiques, celles-ci pourraient produire de l'énergie électrique à un prix supérieur de 26 % à celui des centrales thermiques brûlant du charbon. C'est ainsi que, aux États-Unis, on pourrait édifier une usine complète d'une puissance de 75 000 kW pour 25 millions de dollars (3 milliards de francs au taux officiel). En supposant qu'elle fonctionne constamment à pleine charge et en comptant les intérêts du capital à 3 %, le prix de revient du kilowatt-heure ressortirait à 0,8 cent (0,96 fr). Une centrale thermique analogue alimentée au charbon coûterait dans les mêmes conditions 10 millions de dollars (1,2 milliard de francs), avec un prix de revient du kilowatt-heure de 0,65 cent (0,79 fr). Il faut tenir compte, dans cette comparaison, du fait que l'utilisation industrielle de l'énergie atomique est encore dans l'enfance et qu'il est hors de doute qu'avec le développement des recherches et l'expérience de l'exploitation des centrales atomiques, leur prix de revient est appelé à baisser plus ou moins fortement.

LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE PAR L'ÉLECTRICITÉ

par J. MARCHAND

Ingénieur I. E. G.

Comme l'éclairage électrique, le chauffage par l'électricité, allumé ou éteint par la simple manœuvre d'un interrupteur, s'accommodant, en outre, d'un réglage automatique affranchissant l'usager de toute manœuvre et de toute prévision météorologique, devrait constituer, sans aucun doute, un des éléments essentiels du confort moderne. La nécessité d'importer de grandes quantités de charbon et les énormes capitaux nécessités pour l'aménagement de nos sources d'énergie hydraulique pèsent malheureusement d'un grand poids sur le prix de revient de la calorie électrique, qui demeure encore plus élevé que celui de la calorie obtenue par l'utilisation directe de combustibles solides ou liquides. Il est néanmoins possible, par une utilisation judicieuse des diverses modalités du chauffage électrique combinées avec les différentes tarifications de l'énergie, d'aboutir à une dépense acceptable. Le développement de la production d'énergie et sa distribution rationnelle, grâce à l'interconnexion, constituent, d'ailleurs, une condition essentielle de la diffusion de ce mode de chauffage.

Électricité et charbon

Le problème du charbon, qui domine actuellement la renaissance économique française, a toujours été capital pour notre pays. Déjà avant 1939, notre consommation annuelle atteignait entre 70 et 90 millions de tonnes, alors que notre production n'était que de 45 à 60 millions de tonnes ; les importations de l'étranger constituaient, au cours du franc de 1938, une charge de 6 à 7 milliards pour notre balance commerciale.

Il ne peut être évidemment question de songer à diminuer la quantité d'énergie disponible. Ce serait entraver le développement industriel, donc la production, seule créatrice de véritable richesse. Nous pouvons heureusement agir d'autre façon, par la mise en valeur de nos ressources en énergie hydraulique et par l'amélioration du rendement énergétique des industries.

On connaît, dans ce domaine, les bienfaits de l'électrification des chemins de fer (1), et l'on peut affirmer que l'électrification générale est à la base de l'accroissement du rendement énergétique.

L'interconnexion, qui autorise la distribution de l'énergie hydraulique dans tout le pays, doit jouer à cet égard un rôle essentiel. Si l'on admet, en effet, que la dépense de charbon dans nos centrales thermiques est d'environ 800 g par kWh, et que l'énergie distribuée aux usagers provient, par parts égales, de la houille noire et de la houille blanche, ce n'est plus que 400 g de charbon qui seront brûlés par kWh consommé. M. Parodi, l'un des pionniers de l'électrification en France, estime que, dans dix ans, cette

dépense pourra être inférieure à 200 g par kWh pour une production globale de 30 à 40 milliards de kWh par an, dont les deux tiers d'origine hydraulique. Que faut-il pour cela ? Aménager d'abord nos ressources en houille blanche, et surtout placer l'intérêt national au-dessus des intérêts particuliers des thermiciens et des hydrauliciens. Il ne faut pas oublier que, dans les centrales hydrauliques, nous dépensons nos rentes d'énergie, constamment renouvelées par la nature, tandis que, dans les centrales thermiques, c'est notre capital de matière minérale que nous consommons.

L'abondance d'énergie électrique et la réduction de la dépense moyenne de charbon par kWh permettront alors d'étendre les applications de l'électricité à de nouveaux domaines.

Le chauffage ne rentre-t-il pas précisément dans cette catégorie ? Neuf millions de tonnes de charbon, a calculé M. Parodi, sont brûlées chaque année pour l'alimentation des chauffages centraux en France ; certes, cela ne correspond qu'au dixième environ de notre consommation totale, mais, ce qui est grave, c'est que ces 9 millions de tonnes proviennent en grande partie de l'importation, la France ne produisant pas les charbons maigres anthraciteux réclamés par ces appareils de chauffage.

Le chauffage électrique peut-il être économique ?

Voilà la question cruciale pour les usagers. Bien qu'il soit fort difficile de conclure avec précision, la réponse étant essentiellement fonction des tarifs, variables suivant les régions, il est cependant possible d'établir, en quelque sorte, le bilan énergétique des divers modes de chauffage.

Le calcul n'est pas tellement compliqué, puisque tout le chauffage électrique est fondé sur un seul phénomène physique, régi par la

(1) Voir « L'électrification des chemins de fer français » (*Science et Vie*, n° 347, août 1946, p. 75).

(2) Des restrictions de consommation d'énergie électrique ont dû, cependant, être imposées en 1941 et 1944.

loi de Joule, à savoir l'échauffement d'un conducteur par le passage d'un courant, 1 kWh produisant toujours 864 calories. Or, si nous considérons un charbon dégageant 5 000 calories par kg et que nous comptons sur une dépense de 800 g par kWh dans une centrale (1), nous voyons que les 4 000 calories effectivement utilisées à la production électrique n'en donnent plus que 864 à la sortie des alternateurs. D'autre part, la transformation, le transport et la distribution n'ayant qu'un rendement de 80 %, on voit qu'il faut brûler 1 kg de charbon par kWh réellement disponible chez l'abonné. De sorte que le chauffage électrique paraît coûter plus de cinq fois plus que le chauffage au charbon.

Toutefois, si l'on considère que :

1° Le charbon employé pour un chauffage central domestique coûte parfois deux fois et même trois fois plus cher que celui utilisé dans les grandes centrales ;

2° Le rendement des appareils de chauffage électrique est de 100 % ;

3° Le chauffage électrique se prête admirablement, comme nous le verrons, à la régulation automatique, d'où une économie de l'ordre de 25 %, on arrive à un écart de dépense beaucoup moins important.

Les avantages du chauffage électrique

Parmi les facteurs militant en faveur du chauffage électrique, citons d'abord la suppression de toute manutention de combustible.

Mais voici des avantages certains, mais non chiffrables. La manœuvre de quelques interrupteurs, que l'on peut d'ailleurs rendre automatique, est le seul travail exigé par le chauffage électrique qui assure toujours une rigoureuse correspondance entre la chaleur fournie et l'énergie consommée ; propreté et hygiène (aucun déchet de combustion, aucun dégagement de gaz) sont évidemment son apanage. Tout cela est bien connu. Mais il faut tenir compte également, dans le cas d'un immeuble électrifié, de la possibilité de laisser chaque locataire maître de l'utilisation de ses appareils et, par suite, de ne lui faire payer, sans contestation possible, que sa consommation exacte d'énergie.

N'est-il pas admissible que ces avantages se traduisent par un prix de revient plus élevé ? Qui voudrait, aujourd'hui, de l'éclairage au pétrole, avec ses multiples servitudes, bien que ce mode d'éclairage soit plus économique que l'éclairage électrique ? C'est pourquoi le chauffage électrique connaît déjà un développement certain. Avant d'examiner ses solutions les plus écono-

(1) Avant la guerre, les centrales thermiques françaises produisaient 8 milliards de kWh par an en brûlant 6,3 millions de tonnes de charbon.

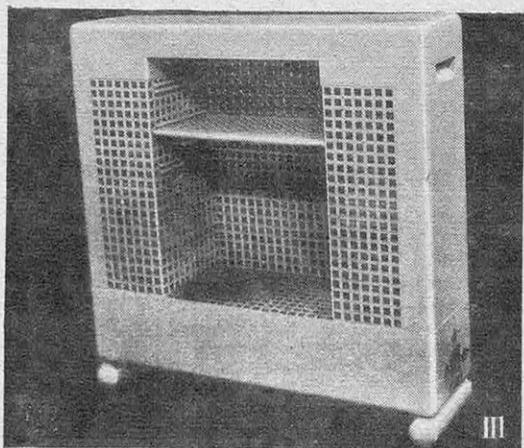
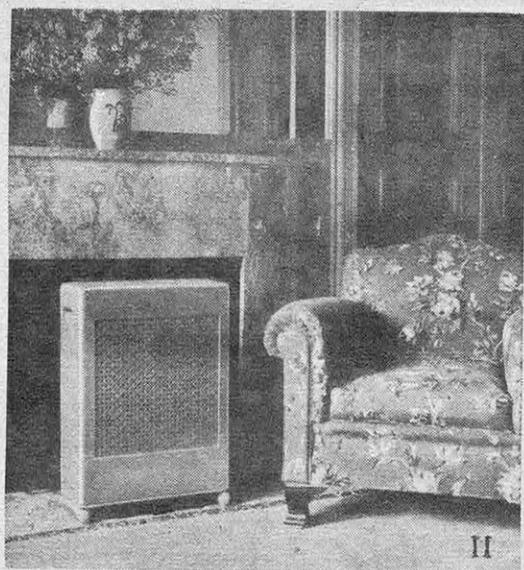
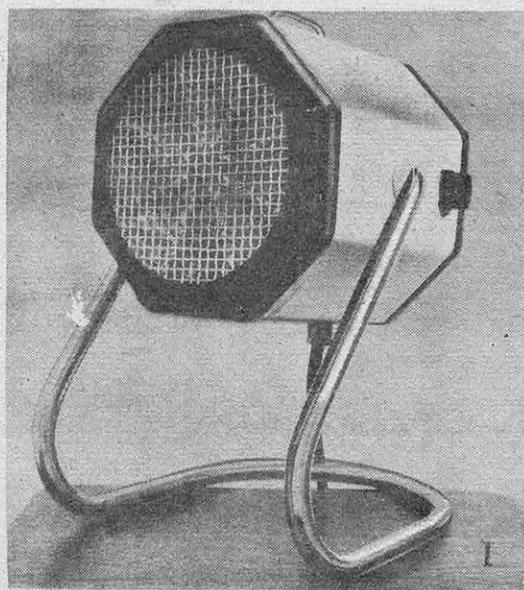


FIG. 1. — QUELQUES TYPES DE RADIATEURS « DIRECTS »

I, Radiateur de 3 à 6 kW à soufflage d'air chaud par moteur pour la mise rapide en température d'une pièce ; II, radiateur obscur de 3 à 6 kW muni de déflecteurs intérieurs pour assurer l'échappement de l'air chaud par les deux grandes faces ; III, radiateur obscur de la même puissance comportant des logements permettant de maintenir au chaud tasses, assiettes, etc... ; un autre modèle, analogue au précédent, comporte en outre un feu vif de 500 W sur le dessus, avec interrupteur indépendant, permettant de faire bouillir de l'eau, voire de préparer un repas (Damond)

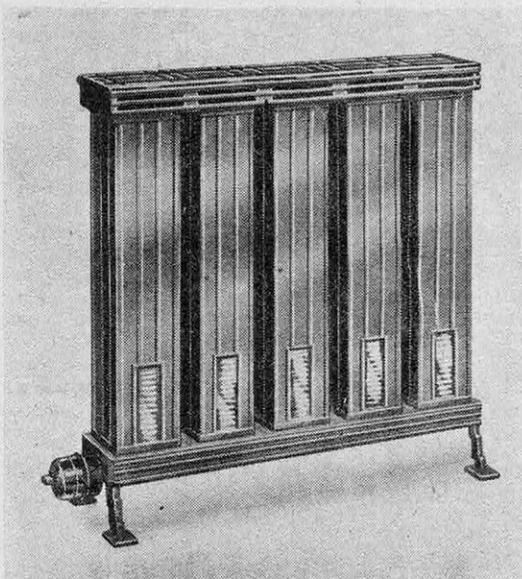


FIG. 2. — RADIATEUR ÉLECTRIQUE « DIRECT » NORDIA FORMÉ PAR LA JUXTAPOSITION DE PLUSIEURS ÉLÉMENTS

La facilité d'accroître ou de diminuer le nombre des éléments assure une grande souplesse de fonctionnement pour le réglage de la température.

miques, rappelons brièvement comment s'effectue la transmission de la chaleur.

Comment nous nous chauffons

Tenons à la main une barre de fer dont nous plongeons l'autre extrémité dans une flamme. Nous ressentons bientôt une vive impression de chaleur. La chaleur s'est transmise par *conductibilité* du fer.

Promenons-nous sur un champ de neige, par temps clair, au soleil. Nous éprouvons également une sensation de chaleur, bien qu'un thermomètre placé au voisinage, mais à l'ombre, indique que l'air est à basse température. C'est le *rayonnement* du soleil qui nous chauffe.

Un léger ruban de papier, placé au-dessus d'une source de chaleur obscure, s'agite et tend à s'élever, décelant ainsi un courant d'air chaud ascendant qui capte des calories en léchant les parois de la source de chaleur ; c'est le chauffage par *convection*.

Or la sensation de confort est la résultante d'un équilibre assez complexe entre le corps humain, l'ambiance et les parois du local où il se trouve. Notre corps perd des calories surtout par rayonnement, mais aussi par convection, par conductibilité et par évaporation, celle-ci étant négligeable en hiver. Dans le chauffage par convection, le plus répandu, on se sert de l'air comme véhicule de chaleur ; la circulation de ce fluide limite les pertes par convection du corps à une valeur raisonnable, élève et maintient indirectement la température de la surface interne des parois, donc diminue les pertes par rayonnement. Ce procédé courant est cependant peu logique et ne peut permettre, comme nous le verrons, de régulariser la sensation de confort d'une manière aussi parfaite que le chauffage par rayonnement.

Les diverses modalités du chauffage électrique. Les appareils directs

Pour se chauffer par l'électricité, l'idée qui se présente d'abord à l'esprit est l'utilisation directe du phénomène de Joule. Aussi, les premiers radiateurs électriques étaient-ils constitués par un élément résistant porté à haute température par le passage du courant. Les radiateurs lumineux, du type classique parabolique à faible puissance, doivent être réservés à des usages particuliers. Ils sont, par exemple, précieux pour réchauffer les jambes et les pieds d'une personne assise. D'excellents résultats peuvent toutefois être obtenus, à la condition de prévoir une puissance suffisante, et on atteint aujourd'hui 2,5 kW et même davantage.

Ce sont par excellence les appareils directs. Toutefois, sous ce vocable, il faut englober tous les appareils où la chaleur produite par le passage

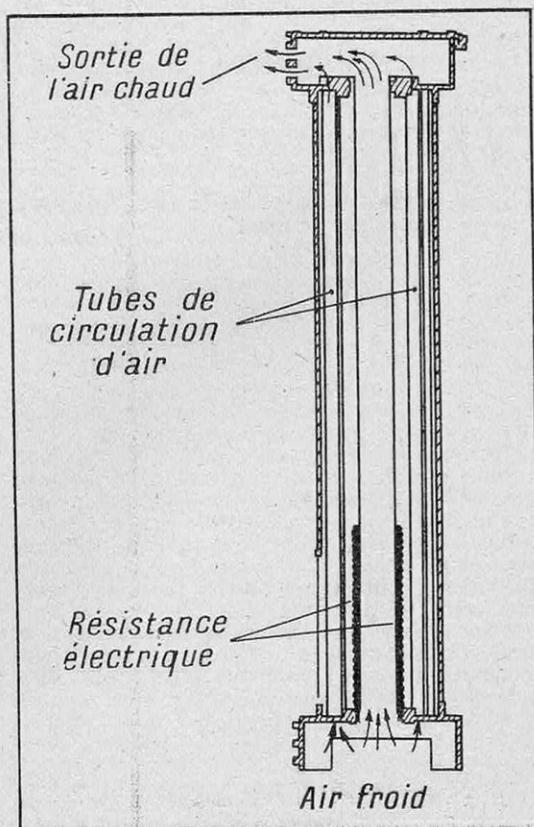


FIG. 3. — COUPE D'UN ÉLÉMENT DE RADIATEUR « DIRECT » NORDIA

Chaque élément est constitué par un corps en fonte à l'intérieur duquel se trouve la résistance chauffante transmettant les calories aux faces de l'appareil, ce qui accroît la surface d'échange. Des tubes verticaux reliant la tête et le pied du radiateur à travers le joyer électrique assurent la circulation de l'air chaud qui se dégage par des ouvertures situées sur les côtés de la partie supérieure, ce qui évite sa montée directe au plafond. La vitesse de circulation de cet air se règle d'ailleurs d'elle-même suivant la température de la pièce où l'appareil est placé. En outre, le couvercle du radiateur soulevé permet de mettre un peu d'eau dans la cuvette étanche ainsi découverte en vue d'humidifier l'atmosphère.

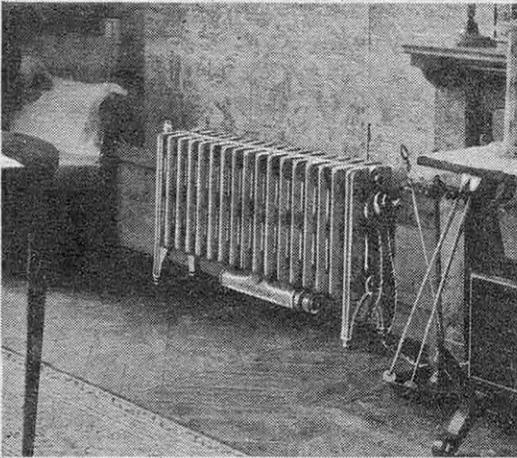


FIG. 4. — RADIATEUR DIRECT A VAPEUR BASSE TENSION OU A EAU CHAUDE

Le radiateur en fonte, identique à ceux ordinairement utilisés pour le chauffage central, comporte à la base une petite chaudière contenant environ 2 litres d'eau et un corps de chauffe électrique. Cette eau est portée à l'ébullition, mais la surface des tubes du radiateur est calculée pour que la vapeur produite se condense intégralement en cédant ses calories, de sorte que la pression reste très faible et que la température de l'eau dans la chaudière ne peut, en aucun cas, dépasser 100° (aucune soupape de sûreté n'est nécessaire). Si le radiateur fait partie d'une installation de chauffage central à eau chaude, il suffit de fermer le robinet d'alimentation du radiateur qui reste alors plein d'eau, en laissant ouvert le tuyau de retour relié au vase d'expansion de l'installation (Electrovapeur).

du courant est immédiatement dégagée, ce dégagement cessant dès la rupture du circuit.

Tels sont les radiateurs directs obscurs, dont la résistance des éléments chauffants est calculée pour ne pas dépasser 400° C. Ils sont complétés par une enveloppe assurant, d'une part, la protection mécanique, d'autre part, la diffusion dans l'atmosphère, par convection, des calories dégagées. Ces radiateurs obscurs sont, soit portatifs (une dizaine de kg), soit fixes et peuvent affecter la forme de tubes lisses ou à ailettes destinés à être disposés le long de cloisons et en particulier vers les sources de froid (fenêtres, parois sur rues, etc.). Comme il faut éviter de chauffer

le plafond au détriment des parties inférieures des pièces, on tend, aujourd'hui, à accroître leur surface en diminuant leur température.

Le réglage de ces appareils s'effectue par la mise sous tension de tout ou partie des résistances chauffantes. Il y a évidemment intérêt à chauffer d'abord au maximum, puis à diminuer de façon à maintenir l'équilibre entre la quantité de calories dégagées et celles perdues (ventilation, refroidissement par les parois). Nous verrons comment ce réglage peut être rendu automatique.

Le chauffage par appareils directs serait le seul logique, si les distributeurs d'énergie électrique n'avaient été amenés à instaurer des tarifs spéciaux suivant les heures d'utilisation.

La tarification de l'énergie électrique a engendré le chauffage par accumulation

Un coup d'œil sur une « courbe de charge » d'une centrale productrice d'énergie électrique montre immédiatement que la demande d'énergie varie dans des proportions énormes suivant les heures ; elle est environ dix fois plus grande entre 16 heures et 18 heures (pour une journée d'hiver) qu'entre 2 heures et 4 heures du matin.

Or, une centrale ne peut fonctionner avec le meilleur rendement si sa charge est trop éloignée de son maximum. Pour favoriser l'emploi du courant pendant les « heures creuses », les secteurs ont adopté un tarif dit de nuit, aussi bas que possible, réservant le prix le plus élevé aux « heures de pointe », le reste du temps dit « de jour » constituant un moyen terme.

A Paris, pour citer un exemple concret, le kWh est compté, pour l'éclairage et les usages domestiques : 4,81 f pendant la pointe, 3,82 f pendant le jour, 1,90 f pendant la nuit. Ces divers moments de la journée étant ainsi définis : pointe de 18 heures à 21 heures, jour de 7 heures à 18 heures ; nuit de 21 heures à 7 heures (1). Il va de soi que cela suppose l'emploi d'un compteur à triple cadran dont les indications passent automatiquement, aux heures fixées, d'un tarif à l'autre. Il existe d'ailleurs une autre tarifica-

(1) Ceci concerne la période d'hiver qui s'étend du relevé de compteur le plus rapproché du 1^{er} octobre au 6^m relevé de compteur suivant. Pendant la période d'été, le tarif dit de nuit a été appliqué ainsi entre 11 h 30 et 12 h 30, et le tarif de pointe a été supprimé.

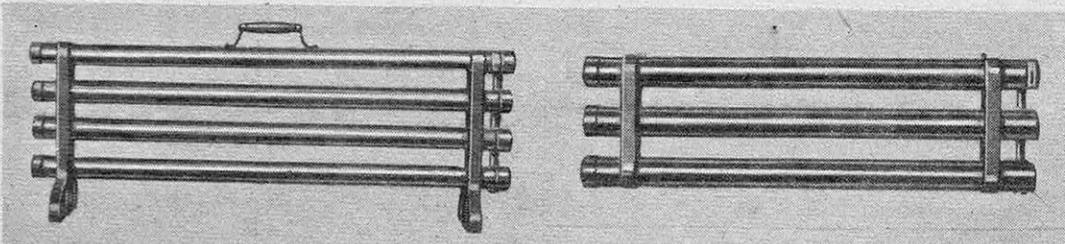


FIG. 5. — TYPES DE RADIATEURS « DIRECTS » MECANO A BASSE TEMPERATURE

A gauche : radiateur portatif à 4 tubes dont la puissance, suivant la longueur adoptée, va de 750 à 1 500 W. A droite : élément de radiateur fixe à 3 tubes. Le principe adopté dans ces appareils consiste à réaliser de grandes surfaces de chauffage à basse température afin d'éviter de trop forts courants de convection, qui entraînent trop rapidement les calories au plafond, et d'accroître le pourcentage du rayonnement par rapport au nombre total de calories dégagées. Ces tubes sont installés horizontalement en bas des parois, principalement sous les fenêtres et le long des murs extérieurs. Avec une puissance suffisante, on obtient, grâce à la grande surface d'échange, une montée rapide de la température. Ils s'accroissent, bien entendu, de dispositifs de réglage automatique.

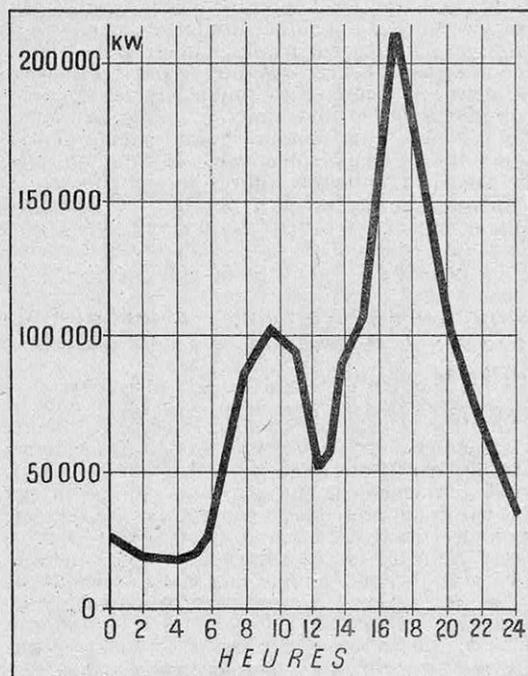


FIG. 6. — COURBE DE CHARGE JOURNALIÈRE D'UNE CENTRALE DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN HIVER

tion basée sur la division en tranches de l'énergie consommée. Toujours à Paris, la première tranche se paye à raison de 5,86 f le kWh, la deuxième 4,08 f et la troisième (tout ce qui dépasse la deuxième), 2,28 f. Ces tranches varient naturellement avec l'importance de l'appartement, mais, dans le but d'éviter une trop forte pointe, cette tarification, indépendante des heures d'utilisation, ne s'applique que pour des puissances contractuelles limitées. Au-dessus, le compteur à triple cadran s'impose.

Nous ne pouvons entrer ici dans une discussion complète de ces tarifs dont d'autres modalités sont prévues pour les usages commerciaux ou industriels, pour la haute tension, etc. Retenons simplement le principe du triple tarif journalier pour voir comment le chauffage électrique a su en tirer parti.

Le chauffage par accumulation

Le problème à résoudre était le suivant : chauffer d'une manière continue en ne consommant le courant qu'à certaines heures. Il fallait donc emmagasiner des calories, au cours des « heures creuses », dans des matériaux à forte capacité calorifique, pour les restituer dans le courant de la journée. Ainsi sont nés les appareils à accumulation.

Le corps présentant la plus forte chaleur spécifique est l'eau, qui absorbe 1 calorie par kilogramme pour une élévation de température à 1° C ; mais on ne peut porter sa température au-dessus de 100° C sans précautions spéciales. Par contre, en utilisant des pierres naturelles, généralement volcaniques, ou des briques reconstituées à partir des mêmes éléments, on peut porter leur température à 500° C. Leur chaleur

spécifique étant de 0,2 calorie environ, on peut donc accumuler $500 \times 0,2 = 100$ calories par kilogramme de ces matériaux, soit la même quantité qu'avec 1 kg d'eau à 100° C. Comme, d'autre part, la densité de ces pierres est égale à 2, contre 1 pour l'eau, on voit que le volume nécessaire au stockage d'un même nombre de calories est la moitié de ce qu'il serait avec l'eau. Un poêle à accumulation est donc constitué par un empilement de matériaux entre lesquels sont installées les résistances chauffantes. L'ensemble est enfermé dans une enveloppe qui sert non seulement de protection mécanique et de gaine pour la circulation de l'air sur les blocs accumulants, mais aussi de calorifuge qui assure une charge correcte et évite une décharge trop rapide. Ce calorifuge doit être déterminé en outre pour permettre, en cas d'oubli, d'évacuer la totalité des calories dégagées dans le cas où la température des blocs accumulants atteindrait une valeur dangereuse.

Quant à la puissance à prévoir pour un tel appareil, il est évident qu'elle doit être supérieure à celle exigée par les radiateurs directs, puisqu'en dix heures il doit accumuler autant de calories que ceux-ci en débiteraient pour un chauffage d'une quinzaine d'heures. On compte une augmentation de puissance de 30 à 50 %.

La température des blocs accumulants atteint son maximum à la fin de la charge et ne cesse de décroître au cours de la journée. L'utilisation rationnelle d'un tel appareil consiste donc à fermer le registre d'air au cours de la charge de nuit, à le laisser fermé le matin, tant que la température superficielle du poêle est élevée, et à l'ouvrir graduellement pour assurer le chauffage de la pièce par circulation de l'air autour des

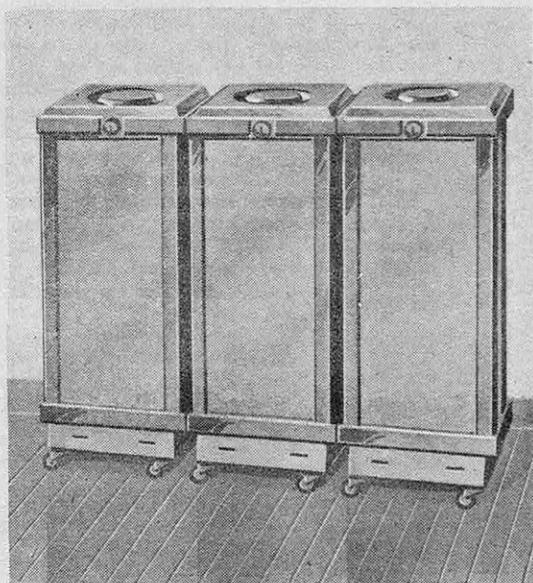


FIG. 7. — POËLE À ACCUMULATION NORDIA COMPOSÉ DE TROIS ÉLÉMENTS JUXTAPOSÉS

Chaque élément comporte son allumage indépendant et son registre de réglage du débit d'air chaud. On peut donc régler l'importance de la charge et de la décharge suivant le volume de la pièce à chauffer, la température extérieure, etc...

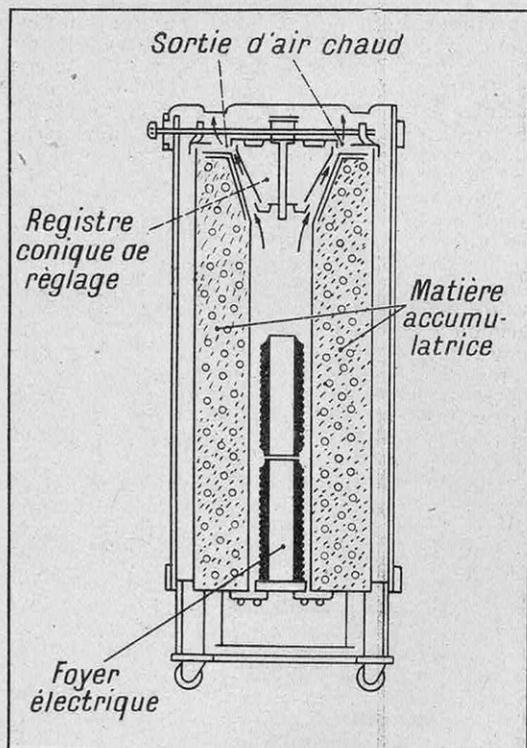


FIG. 8. — COUPE D'UN ÉLÉMENT A ACCUMULATION NORDIA

On voit la masse accumulative de chaleur placée autour du foyer électrique situé au centre d'une cheminée centrale et, au-dessus, le registre de réglage du débit d'air en forme de cône à grande surface de contact assurant une obturation parfaite pendant la charge. Le calorifuge n'est pas au contact des masses chaudes, mais autour d'un coffre en tôle d'acier dont le pouvoir émissif est beaucoup plus faible. On obtient ainsi un bon calorifugeage avec un volume réduit et une grande sécurité contre tout danger d'incendie. La partie inférieure est d'ailleurs doublement calorifugée pour préserver le plancher contre une élévation de température exagérée.

blocs. Ce réglage peut, d'ailleurs, être rendu automatique comme nous le verrons.

Le chauffage à semi-accumulation

Il n'est pas toujours nécessaire d'assurer un chauffage continu, mais, pour que son prix demeure acceptable, il est toujours indispen-

sable d'éviter les heures de pointe. Ainsi sont nés les poêles à semi-accumulation, capables de conserver efficacement la chaleur pendant les deux ou trois heures que dure la pointe. Contrairement aux poêles à accumulation, ces appareils comportent des matériaux à grande conductibilité calorifique comme la fonte, en quantité moindre et sans calorifuge. Il faut en effet évacuer en 3 heures (durée de la pointe) les calories accumulées. Il a lieu de noter que ces appareils ont été conçus notamment pour passer la pointe telle qu'elle était définie avant guerre, (15 h à 18 h).

Comment prévoir une installation de chauffage électrique. La puissance à installer

Le calcul de la puissance à installer pour le chauffage électrique n'offre aucune difficulté particulière. Il met en œuvre les données acquises par la théorie et l'expérience du chauffage ordinaire. Le calcul des déperditions de chaleur par les parois, en admettant, comme d'ordinaire, une température intérieure de 18° pour — 5° à l'extérieur, et par ventilation, donne le nombre de calories à fournir par heure. La division de ce nombre par 864 fait connaître le nombre de kilowatts à prévoir. En première approximation, on peut estimer à 25 par mètre cube et par heure le nombre des calories nécessaires à une pièce normale, lorsque toutes les pièces contiguës sont chauffées, ce qui correspond à 3 kW par 100 m³ avec le chauffage direct à radiateurs obscurs, et à 4 kW pour le chauffage à accumulation. Cependant on risquerait d'aboutir à des mécomptes en se basant aveuglément sur ces indications, car les pièces à chauffer se différencient non seulement par leur exposition, et par la nature de leurs parois, mais aussi par leur volume car la puissance à prévoir n'est pas proportionnelle à ce volume.

Le choix du mode de chauffage

Connaissant maintenant le fonctionnement des divers types d'appareils de chauffage, nous pouvons déterminer celui qui procurera le meilleur rendement économique.

Ainsi, pour un chauffage continu, on choisira les appareils à accumulation, puisqu'ils permettent de n'utiliser que le courant bon marché.

On réserve la semi-accumulation aux cas de chauffage intermittent de locaux en général non occupés à partir de 18 heures (bureaux et magasins). Il était indiqué surtout lorsque la pointe était située entre 15 et 18 h, et quand l'énergie n'était pas contingentée.

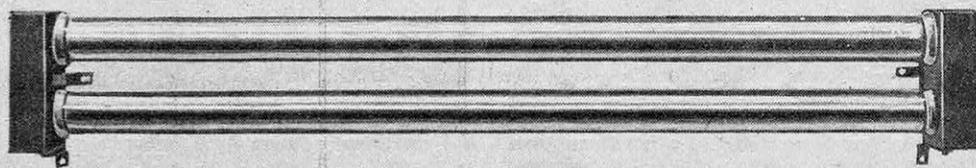


FIG. 9. — RADIATEUR MURAL MECANO A SEMI-ACCUMULATION

Les tubes de ce radiateur, plus gros que ceux des appareils directs, permettent d'emmagasiner la chaleur fournie pendant la période de charge et de restituer cette chaleur, sans consommation de courant, aux heures de pointe.

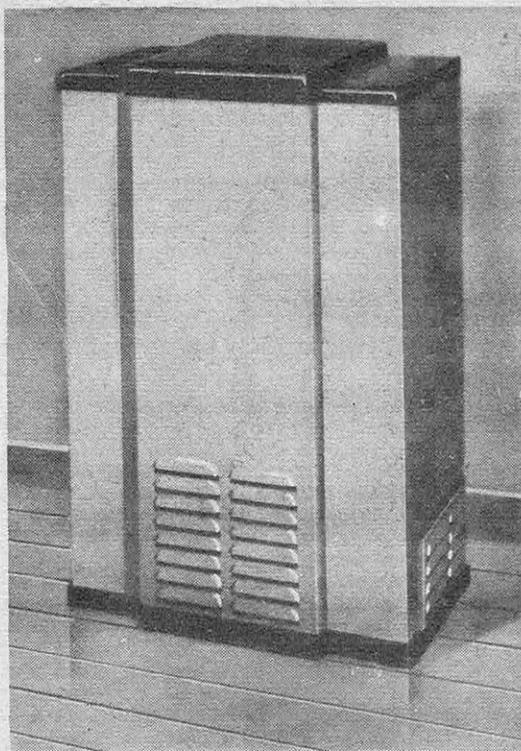


FIG. 10. — POËLE A ACCUMULATION « VIVATHERME »
DIT « SOUFFLÉ »

La caractéristique principale de cet appareil, dont la carcasse extérieure est constituée par une double enveloppe fortement calorifugée et les blocs accumulateurs en fonte sont chauffés par rayonnement de l'élément résistant en nickel-chrome, consiste dans la décharge des calories, qui n'est pas uniquement fonction de la température interne des blocs chauffants, mais est assurée mécaniquement par un groupe motoventilateur électrique rigoureusement silencieux qui absorbe une puissance de 40 W seulement. Il est alimenté par un circuit distinct de celui de la charge. L'air froid de la pièce à chauffer, aspiré dans le poêle par le ventilateur, est ainsi obligé de suivre dans l'appareil un circuit entourant les blocs de fonte avant d'être soufflé à travers des ouvertures type persienne, qui le répartissent horizontalement, favorisant ainsi le réchauffage de l'atmosphère du local en évitant une montée rapide au plafond. La température de l'air soufflé est toujours inférieure à 70°. Contrôlée par un thermostat, la décharge varie donc suivant les besoins de calories du local. A l'arrêt, les pertes par rayonnement sont minimes et toujours inférieures aux déperditions calorifiques du local lui-même; donc aucune surchauffe n'est à craindre. Par contre, par suite de la conductibilité des blocs de fonte, on peut élever très rapidement la température d'un local et réduire les périodes de préchauffage. De même, on peut obtenir un dégagement rapide de chaleur dès la mise en charge, ce qui permet soit d'utiliser occasionnellement ce poêle comme un radiateur direct, soit d'assurer le chauffage en cas de décharge prématurée (Als-Thom).

Enfin, le chauffage direct sera envisagé pour des chauffages très intermittents et aussi chaque fois que le chauffage sera limité aux heures creuses ou dans le cas du tarif par tranches (1). C'est le cas de petits appartements, dont les occupants sont absents toute la journée, des chambres à coucher, des salles de spectacle, etc. Une application particulière du chauffage direct

est celui des terrasses de café, où il ne peut être question de chauffer l'atmosphère. On utilise alors soit des appareils chauffants par convection et soufflant de l'air chaud au ras du sol, soit des radiateurs lumineux. Pour une puissance de 3 kW, leur rayon d'action est de 3 m environ.

Enfin, on pourra judicieusement combiner ces divers modes de chauffage. Ainsi, pour le chauffage d'un appartement, on utilisera l'accumulation dans les pièces occupées en permanence pendant la journée, le chauffage direct étant réservé aux chambres, cabinets de toilette, et comme appoint si nécessaire.

Parmi les applications les plus intéressantes du chauffage électrique, il faut, en effet, placer en première ligne sa collaboration avec le chauffage central au charbon ou au mazout. Dans ces conditions, on peut réduire la puissance de l'installation du chauffage central et la calculer par exemple en vue de compenser non pas une différence de 23° C (+ 18° par - 5°), mais simplement 18°, ce qui permettra d'obtenir la température désirée tous les jours où la température moyenne extérieure sera supérieure ou égale à 0° C. L'installation de chauffage central fonctionnera alors régulièrement au voisinage de son rendement maximum (une puissante installation qui fonctionne au ralenti a, en effet, un rendement déplorable) et le supplément de chaleur nécessaire par les jours froids sera assuré par l'électricité, soit à la demande individuelle des locataires, soit par commande automatique. On conçoit la souplesse d'un tel chauffage mixte.

Le chauffage central électrique

La question que l'on peut se poser, lorsqu'il s'agit d'installer le chauffage électrique total d'un immeuble, est la suivante : Vaut-il mieux prévoir des appareils chauffants dans toutes les pièces ou simplement une chaudière remplaçant la classique chaudière au charbon ou au mazout, la chaleur étant ensuite distribuée dans des radiateurs ordinaires à eau chaude ? Il va de soi que, ne pouvant s'agir que de chauffage continu, on devra faire appel à l'accumulation pour bénéficier du tarif minimum. D'après ce que nous avons dit, on pourrait craindre que le volume d'eau exigé pour l'accumulation des calories nécessaires au chauffage de toute une journée soit excessif. Cependant, cet inconvénient n'est pas prohibitif, car les réservoirs peuvent être logés dans des endroits d'accès difficile, interdits à tout autre appareil exigeant une manœuvre quelconque. De plus, en augmentant le plus possible la température de l'eau — un tube d'équilibre montant jusqu'au faite d'un immeuble de 25 m, permet d'atteindre 125° C

(1) Nous supposons, bien entendu, que l'énergie électrique n'est pas contingentée. Dans une période de restrictions comme celle que nous traversons, on ne pourrait assurer un chauffage direct sans dépasser le contingent alloué. Cependant, la consommation pendant les heures de nuit n'étant pas limitée, il est loisible à l'abonné de faire placer, à côté de son compteur normal, un deuxième compteur qui n'est enclenché automatiquement qu'en dehors de ces heures de nuit. Ainsi, d'une part, ce compteur montre immédiatement si la consommation de jour a dépassé la limite autorisée et, d'autre part, la facture est établie d'après l'indication du premier compteur qui marque le total. Il ne peut être question, ici, du triple tarif puisque nous sommes, par hypothèse, dans le cas de la tarification par tranches.

pour l'eau — et en diminuant la température des radiateurs, il est loisible d'accroître la quantité de calories disponibles. Ainsi, avec 125° à la source chaude et 60° aux radiateurs, on peut emmagasiner, par litre d'eau : $125 - 60 = 65$ calories, alors qu'avec de l'eau à 95° (cas ordinaire) et 80° aux radiateurs on n'emmagasinerait que 15 calories. L'encombrement de l'installation est à peu près du même ordre de grandeur que celui de la chaudière classique avec sa réserve de combustible.

Enfin, l'importance de l'installation peut autoriser l'usage de courant à haute tension pour le chauffage de la chaudière et permettre de bénéficier des tarifs spéciaux pour cette tension : à Paris, 1,24 f le kWh la nuit ; 1,58 f le jour, 2,19 f pendant la pointe.

D'ailleurs l'accumulation sèche, c'est-à-dire dans des matériaux analogues à ceux dont nous avons parlé, peut aussi être envisagée. Mais dans ce cas, comme il n'est pas question de chauffer les caves, l'accumulateur de chaleur sera aussi bien calorifugé que possible afin de réduire les pertes.

Panneaux rayonnants à basse température

Certaines installations de chauffage par panneaux rayonnants à basse température ont été réalisées. Ces panneaux sont constitués par des tubes alimentés par de l'eau chaude pulsée, placés dans le plafond, sauf pour les halls, salles de bain où on les met dans le sol, sous le carrelage. On peut également les disposer verticalement dans les murs. Toutefois, ils ne sont pas électrifiés; mais il n'est pas interdit de prévoir le chauffage électrique de l'eau pulsée dans les tubes. Une firme anglaise a établi aussi des bandes de carton faciles à dérouler et comportant une résistance électrique. On les fixe, sous plafond ou le long des parois, après les avoir isolées de ces surfaces pour éviter les pertes de conductibilité vers l'extérieur. Avec une puissance de 200 W/m², on obtient pour ces panneaux une température de 40° C. Les essais effectués en Angleterre accusaient une économie par rapport au chauffage par convection.

L'avantage du chauffage par rayonnement à basse température provient surtout de la logique de cette technique. En effet, le but à atteindre n'est pas de céder de la chaleur au corps humain, toujours plus chaud que l'ambiance, mais de l'en empêcher de perdre sa chaleur. Dans le chauffage par convection, si la sensation de confort est obtenue avec 18° pour une température extérieure de - 5°, il faudra atteindre 25° et plus pendant de longues périodes de grand froid, comme il s'en produit au Canada, par exemple. Dans ces conditions, on arrive à une atmosphère étouffante, sans pour cela avoir assez chaud. C'est que, nous l'avons dit, une grande partie des calories perdues par le corps humain est due au rayonnement. Or celui-ci est proportionnel à la quatrième puissance de la différence de température entre le corps et les parois. L'air surchauffé n'empêchant pas ce rayonnement de se produire, on voit qu'il y a avantage à utiliser de grandes surfaces rayonnantes à basse température, de l'ordre de 45° par exemple. Par ailleurs, l'énergie rayonnée sur tous les murs et les meubles d'une pièce se réfléchit en suivant les lois de l'optique et chauffe l'air. De sorte qu'avec une température de 14 à 15°,

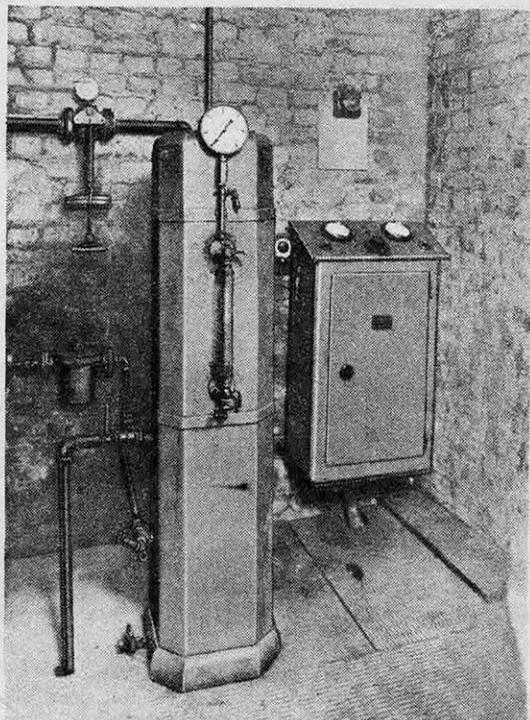


FIG. 11. — GÉNÉRATEUR DE VAPEUR POUR CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DE 25 kW

Ce générateur est constitué par une chaudière à électrodes à basse tension (220 à 330 V) dans laquelle les calories sont dégagées dans l'eau elle-même qui sert de résistance électrique. La résistivité de l'eau étant fonction de sa composition et de sa température, et pouvant varier dans le rapport de 1 à 5, un réglage s'impose pour maintenir constante l'intensité du courant absorbé. Ce réglage est réalisé par un compteur d'énergie actionnant des électrovannes expulsant de l'eau de la chaudière, si la puissance absorbée augmente, ou une pompe faisant monter le niveau de l'eau, si la puissance absorbée diminue. Quant à la pression de 500 g/cm², elle est maintenue également constante par un manostat. On peut d'ailleurs réaliser une régulation plus complète, par exemple accepter une pression, et, par suite, une température plus élevée si la demande de calories augmente. Ce générateur peut fonctionner avec régulateur horométrique pour utiliser le courant aux heures creuses, et avec un réservoir d'eau chaude à accumulation (Diamond).

par exemple, pour - 5° au dehors, on arrive à une grande sensation de confort.

L'automatisme dans les installations de chauffage électrique

Nous avons insisté, à diverses reprises, sur la nécessité, d'une part, de proportionner exactement la dépense d'énergie aux déperditions de chaleur, d'autre part de n'utiliser cette énergie qu'aux heures où elle est bon marché. Or, si on admet, comme dans la région parisienne, que l'installation de chauffage doit être suffisante pour maintenir + 18° pour une température extérieure de - 5°, alors que la température moyenne de l'hiver, à Paris, est de + 6°,5 environ, on voit que l'installation fonctionnera normalement sous une puissance réduite. Un réglage s'impose donc, réglage dont l'opportunité et la

précision influencent grandement le rendement économique. Seul, un réglage automatique, dont s'accommode mieux que toute autre l'énergie électrique, permet d'atteindre le but visé (1).

De quoi s'agit-il ? Prenons un exemple de chauffage par accumulation. Il s'agit d'emmagasiner pendant la nuit un nombre de calories, variable suivant la température extérieure, et de les restituer pendant la journée en quantité, variable également, mais selon la température intérieure de la pièce chauffée.

Le premier problème est en général résolu par variation de la durée de la charge. Étant toujours entendu que la charge s'effectue de nuit et que la fin de cette charge est imposée par l'heure du changement de tarif, c'est sur le début de la charge qu'il faut agir. On ne peut astreindre l'usager à effectuer lui-même la manœuvre nécessaire, qui a souvent lieu fort avant dans la nuit. Un appareil automatique, dans le détail duquel nous n'entrerons pas, se chargera efficacement de ce réglage. Il suffit, pour cela, de placer des index sur le cadran d'une horloge aux heures voulues, soit 2 heures et 7 heures pour que la charge débute à 2 heures et se termine à 7 heures.

Mais les installations de chauffage sont en général assez importantes pour que le moindre décalage entre l'horloge de réglage et le passage d'un cadran à l'autre du compteur à triple tarif se traduise par une augmentation notable de dépense. Ce passage d'un cadran à l'autre du compteur s'effectuant automatiquement sous l'impulsion, soit d'une horloge du secteur de distribution, soit d'une émission haute fréquence, on a prévu l'asservissement de l'horloge de l'abonné à celle du distributeur d'énergie pour assurer un synchronisme rigoureux entre les manœuvres de réglage du chauffage et les heures du changement de tarif.

On peut faire mieux encore. En effet, il est évidemment impossible à l'abonné de prévoir quelles seront les variations de la température extérieure pendant la nuit. On fera donc appel à un thermomètre pour soulager l'abonné de ce soin, ou mieux à un système de contacts thermostatiques. Ce dispositif, placé à l'extérieur, à l'abri du vent, est combiné avec une horloge à contacts, du type de celle dont nous avons parlé. De l'ensemble du dispositif il résulte :

1° Que la mise en charge des appareils de chauffage est impossible en dehors des heures de nuit ;

2° Que, pendant les heures de nuit, l'enclenchement ou le déclenchement du contacteur n'est possible que si le thermomètre extérieur commande cette manœuvre par un circuit spécial de relais.

Il reste à régler maintenant le nombre de calories dégagées par l'appareil suivant la température de la pièce chauffée. Nous l'avons vu, le résultat s'obtient par la manœuvre d'un registre placé sur la circulation de l'air à travers les blocs accumulateurs. Répétons-le, l'usager a tendance à mal manœuvrer ce registre, à l'ouvrir le matin, alors que les déperditions de chaleur du poêle par les parois sont assez fortes pour chauffer la pièce.

Le réglage automatique s'effectue avec un thermostat, appareil qui établit ou rompt un

contact électrique à une température donnée ; l'ouvre ou ferme le circuit d'un électroaimant qui, à son tour, agit sur le registre. Il va de soi que ce thermostat sera placé convenablement pour n'être influencé ni par l'ouverture momentanée d'une fenêtre, ni par la chaleur dégagée à proximité du poêle.

S'il s'agit de *chauffage direct*, utilisé surtout comme appoint ou par intermittence, il importe évidemment que sa puissance soit assez élevée pour obtenir une montée de température rapide dans les locaux chauffés.

L'automatisme s'impose moins dans ce cas que pour l'accumulation. Cependant, la mise sous tension des appareils avant l'occupation des locaux peut être intéressante et s'effectuer au moyen d'un appareil automatique conjoncteur-disjoncteur à horloge. L'usage du courant de nuit n'est plus exclusif, mais il peut y avoir intérêt à saturer en calories les murs, meubles, etc., au tarif des heures creuses. Cependant, si l'on prévoit que les radiateurs directs peuvent être mis en service à toute heure, on peut installer un interrupteur court-circuitant l'horloge. Quant au réglage des radiateurs, il se fait soit à la main, soit par thermostat.

Le chauffage par *semi-accumulation* se règle suivant les mêmes principes. Étant donnée l'inertie calorifique des appareils, un réglage thermostatique devient illusoire.

Ainsi, quel que soit le problème de chauffage posé, l'électricité peut le résoudre, sinon toujours économiquement, du moins dans les meilleures conditions compatibles avec le prix de l'énergie.

Le chauffage thermodynamique

Nous n'en dirons qu'un mot, car, si son principe ne souffre aucune discussion, son installation est trop onéreuse pour qu'on puisse espérer son développement immédiat.

L'idée première du chauffage thermodynamique est due à Lord Kelvin, qui l'a exprimée il y aura bientôt cent ans.

On sait qu'une machine frigorifique sert à extraire les calories contenues dans l'armoire à refroidir et à les rejeter à l'extérieur par l'intermédiaire d'un gaz qu'on liquéfie.

Dans le chauffage thermodynamique, c'est l'atmosphère extérieure qui constitue en quelque sorte l'armoire frigorifique. On « pompe » les calories qu'elle contient toujours — l'air étant toujours éloigné du zéro absolu, soit 273° C au-dessus de zéro centésimal — et on les refoule dans la pièce à chauffer. Ainsi, par un apport de travail mécanique, on peut obtenir non une production de chaleur, mais un déplacement d'une quantité de chaleur sur l'échelle thermométrique de façon à la rendre utilisable pour le chauffage.

Dans ces conditions, 1 kWh utilisé, non dans un appareil de chauffage, mais pour actionner la machine, permet de récupérer 2 000 à 2 500 calories, au lieu de 864.

Cette méthode extrêmement séduisante, se heurte malheureusement à de grosses difficultés d'application. Il faut, en effet, traiter de très gros volumes d'air pour récupérer un nombre de calories intéressant. Les machines sont donc soit très encombrantes, soit assujetties à tourner à de très grandes vitesses et bruyantes. De plus, on ne peut utiliser l'accumulation et il est difficile de doser la chaleur distribuée. Par contre, la même installation peut servir, en été, au rafraîchissement des appartements.

J. MARCHAND

(1) Toutefois, l'automatisme du réglage est réservée aux installations importantes, pour ne pas trop grever les frais de premier établissement.

POUR L'ABONNÉ ABSENT : UNE NOUVEAUTÉ EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE : L'IPSOPHONE

par Gilbert BLOCH

Le téléphone a véritablement conquis le monde. Sans cesse perfectionné depuis le premier brevet de Bell, en 1876, l'automatisme l'a affranchi des servitudes manuelles dans l'établissement des communications, la radio lui a fait franchir les océans. Cependant, une sujétion lui reste encore que ne connaissent pas les autres modes classiques de transmission par poste et par télégraphe, et qu'exprime l'antique adage qui oppose la matérialité de l'écrit à la fugacité, jusqu'ici inévitable, du langage parlé. La seule solution possible réside évidemment dans l'enregistrement phonographique des communications; son emploi, dès qu'on l'envisage systématiquement sur un poste et l'applique à un nombre assez grand de postes, fait apparaître d'étonnantes possibilités nouvelles pour la technique téléphonique. L'enregistrement fait, en effet, disparaître la nécessité, pour transmettre un message, de la présence simultanée, aux extrémités opposées du fil, de deux interlocuteurs : chez un abonné absent s'inscrivent, par exemple, les messages à lui destinés, dont il prendra connaissance à son gré; ou bien, à partir de son poste, en son absence, partiront les messages qu'il aura enregistrés préalablement. Sur ces bases, mais avec les surprenantes combinaisons qu'autorise la technique la plus perfectionnée de la télécommande et de l'automatisme, a été réalisé récemment, en Suisse, un type nouveau d'appareil d'abonné, qui marque une étape intéressante du développement de l'appareillage téléphonique.

L'enregistrement sur ruban d'acier

TOUT son ou ensemble de sons — la voix humaine comprise — peut être facilement traduit en variations d'un courant électrique : si ce courant traverse un électroaimant devant les pôles duquel se déroule, à vitesse constante, un ruban d'acier, ce dernier se magnétise de façon permanente (par magnétisme rémanent), mais variable, les variations suivant celles du courant. Inversement, si le ruban précédemment magnétisé se déroule devant les pôles du même électroaimant qui joue alors le rôle de « lecteur de son », le courant induit parcourant les spires varie en fonction de la magnétisation du ruban, et ces variations, convenablement amplifiées, permettent la reproduction des sons enregistrés. L'aimantation du ruban métallique dure aussi longtemps qu'on le désire, mais il est facile, à l'aide d'un courant électrique, de l'annuler et de supprimer ainsi toute trace d'enregistrement. Le ruban est alors de nouveau apte à capter tout ce qu'il plaira de lui confier.

Cette méthode, dont l'avantage réside dans le fait que le support de l'enregistrement — en l'occurrence le ruban d'acier — est indéfiniment utilisable, est connue et utilisée depuis plusieurs années. C'est elle qui est à la base de la réalisation de l'« ipsophone » dont nous vou-

lons exposer les remarquables et curieuses possibilités.

Enregistrement et restitution des communications

L'appareil est divisé en deux parties : la première (fig. 1) comprend les diverses commandes et le « combiné » microphone-écouteur téléphonique ordinaire ; la seconde est un coffre métallique contenant les organes mécaniques et automatiques (fig. 2).

Appelons, à partir d'un poste quelconque du réseau, un abonné possédant un « ipsophone » et supposons que, pour une raison quelconque, telle que l'absence de l'abonné, le récepteur ne soit pas décroché après la quatrième sonnerie ; l'appareil se met alors en marche automatiquement et nous entendons : « Ici, ipsophone X..., votre communication est enregistrée automatiquement... Attention... parlez. » Après avoir décliné notre identité, nous annonçons l'objet de notre appel téléphonique. La communication est enregistrée par la méthode exposée précédemment.

Le propriétaire de l'appareil pourra en prendre connaissance dès qu'il le désirera, qu'il se trouve ou non dans son bureau. Pour cela, avant son départ, il aura choisi un nombre de trois chiffres (différents et rangés dans un ordre croissant)

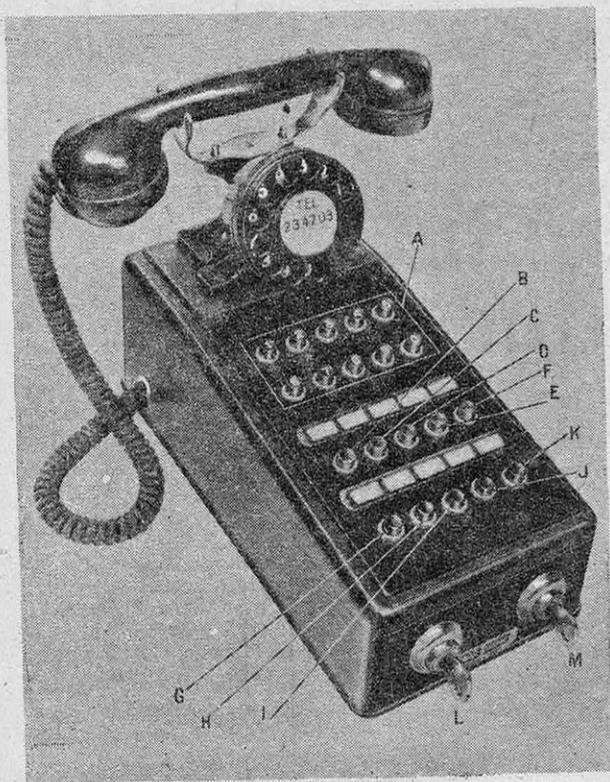


FIG. 1. — ORGANES DE COMMANDE DE L'« IPSOPHONE »

A, boutons de la combinaison chiffrée; B, liaison externe; C, liaison interne; D, liaison « Ipsophone »; E, enregistrement de la conversation; F, écoute; G, dictée; H, restitution; I, restitution partielle; J, effacement; K, rappel interne; L, clef pour l'enregistrement et le verrouillage de la combinaison chiffrée; M, clef pour le verrouillage des boutons de commande transformant l'appareil en un poste ordinaire.

et aura inscrit cette « combinaison » dans son appareil à l'aide des dix boutons chiffrés qui se trouvent en haut du tableau de commande. Si, d'un poste d'abonné quelconque, il appelle son propre numéro de téléphone, il entend, au bout de quatre sonneries, son « ipsophone » s'annoncer : « Ici, ipsophone X... Votre communication est enregistrée automatiquement... Attention !... » Immédiatement, après ce mot « attention », l'abonné n'a qu'à prononcer deux fois le mot « allo » qui, transformé en courants électriques, déclenche une « annonce » différente : au lieu de « parlez », l'abonné entend la série des dix chiffres de 1 à 0, à intervalles de deux secondes. Si, après chacun des trois chiffres choisis, il prononce encore « allo, allo », en reconstituant ainsi dans l'appareil la « combinaison », le mécanisme de restitution est déclenché et répète tout ce qui a été enregistré. Si la « combinaison » n'est pas reconstituée, l'appareil se bloque automatiquement.

Après la restitution des messages, un son aigu d'une durée de trois secondes est émis ; si, à ce moment, le possesseur de l'appareil dit à nouveau : « Allo, allo », il peut faire enregistrer ses propres instructions. (Bien entendu, dans ce cas, on doit faire part de la « combinaison » secrète à une personne de confiance qui pourra ainsi se faire restituer les instructions qui lui sont destinées.)

Il est également possible de procéder à distance à l'effacement des communications enre-

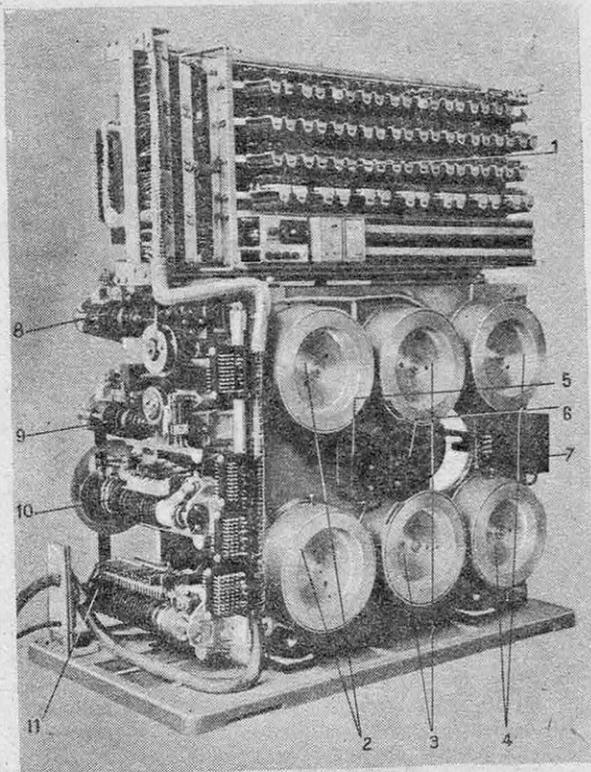


FIG. 2. — ORGANES MÉCANIQUES DE L'« IPSOPHONE »

1, relais; 2, tambours d'enroulement pour le ruban d'acier portant le texte des « annonces »; 3, tambours d'enroulement pour le premier ruban d'acier enregistreur (capacité: cinq minutes); 4, tambours d'enroulement pour le second ruban d'acier enregistreur (capacité: vingt-cinq minutes); 5, 6, 7, électroaimants pour les trois rubans d'acier; 8, 9, 10, 11, bobines à galets contacteurs commandant les combinaisons.

gistrées : après le premier son aigu, un deuxième son se fait entendre : en prononçant, à ce moment, les mots : « Effacer, effacer », tous les messages disparaissent sans laisser de trace, et l'appareil retrouve sa pleine capacité d'enregistrement, soit trente minutes.

Les organes de commande

L'appareil de commande principal comporte vingt boutons. Les dix premiers (fig. 1), servent à l'établissement de la « combinaison » chiffrée ; il suffit, pour cela, d'enfoncer les trois boutons correspondant aux chiffres choisis, puis de tourner la clé L : les boutons enfoncés remontent alors et la « combinaison » est « enregistrée » ; elle peut être changée autant de fois qu'on le désire, mais à la condition que la clé L soit dans la serrure.

Dans ces conditions, si le récepteur n'est pas décroché, l'appareil fonctionne automatiquement de la façon que nous venons d'exposer, mais, si le récepteur est décroché, voici les nouvelles possibilités qui sont offertes par la manœuvre des dix autres boutons (fig. 1).

Notons tout d'abord qu'en Suisse, où cet appareil a été mis au point, pour « prendre » une communication, il ne suffit pas de décrocher le récepteur ; il faut encore appuyer sur un bouton. Dans l'« ipsophone », ce bouton sera B pour les communications extérieures, C pour le réseau intérieur, si l'entreprise en comporte un,

ou pour une seconde ligne ; K sert au « rappel » des installations internes.

Si, au cours d'une conversation téléphonique, vous êtes, par exemple, appelé d'urgence dans un autre local, il suffit d'appuyer sur le bouton D et de raccrocher le récepteur pour que l'« ipsophone » se substitue à vous et enregistre la communication. Au cours d'une conversation, il suffira d'enfoncer le bouton E pour que celle-ci soit enregistrée tout entière (demandes et réponses).

Si le secret de vos propres communications est gardé, vous pourrez, par contre, grâce au bouton F, entendre ce qu'un correspondant confie à l'appareil.

Celui-ci se transforme en dictaphone grâce au bouton G. La dictée n'a d'ailleurs pas besoin d'être continue, les silences étant automatiquement supprimés.

Le bouton H commande la restitution des messages enregistrés ; il est utilisé, par exemple, par la personne de confiance qui connaît la combinaison ou par le propriétaire retour de voyage. Si un moment d'inattention n'a pas permis de bien suivre un mot, il suffit d'appuyer sur le bouton I pour obtenir la répétition des dix dernières secondes d'écoute.

Enfin, l'effacement complet des enregistrements s'obtient par le bouton J. Chaque bou-

ton est surmonté d'un voyant lumineux qui facilite l'usage de l'appareil.

Quant aux deux clés L et M, nous savons déjà que celle de gauche (L) sert à « verrouiller » la « combinaison » chiffrée ; celle de droite (M) « verrouille » toutes les autres commandes.

Les organes d'exécution

On distingue sur la figure 2 les trois groupes comportant chacun deux tambours d'enroulement. Le ruban d'acier du premier groupe supporte l'enregistrement de toutes les « annonces » que l'« ipsophone » peut avoir à faire, tandis que les deux autres groupes, d'une capacité respective de cinq et de vingt-cinq minutes, servent à l'enregistrement des communications. La photographie montre encore les électroaimants servant à la fois d'appareils enregistreurs et de « lecteurs de son », ainsi que les bobines à galets contacteurs servant à enregistrer et à faire exécuter les différents « ordres » donnés à l'appareil.

Signalons, au passage, que les tambours d'enroulement, après la « lecture » du ruban d'acier, tournent en sens inverse cinq fois plus vite ; ainsi, dans le cas où l'on désire faire répéter les enregistrements après une première restitution, toute attente est supprimée.

GILBERT BLOCH.

Le rythme auquel, pendant la guerre, on a exploité les gisements miniers n'a pas été sans inquiéter les économistes. M. A.-B. Parsons, secrétaire de l'Institut américain des Ingénieurs des Mines et de la Métallurgie, rappelait en juin dernier que, pour certains métaux, les réserves connues aux États-Unis étaient faibles et que, si leur exploitation se poursuivait sur les mêmes bases que dans ces dernières années, leur « vie » ne serait pas longue. Bien que les États-Unis, qui, normalement, absorbent la moitié de la production mondiale minière, soient le pays le plus richement doté en gisements divers (sauf peut-être l'U. R. S. S.), il existe en différents points du globe des réserves très importantes de minerais : cuivre en Rhodésie et au Chili, manganèse en Russie et aux Indes, fer au Brésil et en Suède, pétrole au Venezuela, en Iran, en Irak, en Arabie. Et la prospection du globe est loin d'être terminée. La croûte terrestre recèle de formidables réserves métalliques. Certes, une très faible partie seulement se trouve sous la forme concentrée qui nous convient seule jusqu'à présent pour des raisons de prix de revient. Peu à peu l'industrie extractive devra s'accommoder de teneurs de plus en plus faibles, où l'on trouvera par compensation des tonnages totaux de plus en plus élevés. Les progrès de la recherche doivent conduire aussi à l'emploi d'éléments nouveaux en métallurgie, en remplacement de ceux qui s'épuisent. Ne voit-on pas s'étendre aujourd'hui l'emploi du béryllium, du niobium, du titane, du bore, du tellure, de l'indium, du sélénium, du lithium, du zirconium, du tantale comme métaux d'addition de l'acier ? D'autre part, dans de larges limites, les produits métallurgiques usés peuvent être récupérés et subir de nouveaux processus de fabrication ; l'industrie en utilise déjà d'importants tonnages. La synthèse chimique apporte aussi sa contribution au problème grâce à la gamme infinie de ses matières plastiques. Enfin, bien qu'il soit sans doute déraisonnable de fonder là des espérances à brève échéance, rien n'empêche en théorie de prévoir le moment où, par synthèse ou désintégration atomiques, on saura fabriquer tel ou tel élément dont les réserves naturelles s'épuisent. La chimie nucléaire est encore dans l'enfance, et, cependant, le succès remarquable que représente la fabrication du plutonium aux États-Unis montre que de telles réalisations à l'échelle industrielle sont entrées dans le domaine des possibilités.

FUSÉES IONOSPHERIQUES

par Yves LE VERNOIS

Les États-Unis viennent de mettre au point une fusée « ionosphérique », dérivée de la V-2 allemande, dont la construction et le montage ont été effectués au « California Institute of Technology » de Pasadena, et qui a été baptisée « Wac Corporal ».

Cette fusée, d'un poids très inférieur à la V-2, puisqu'il est seulement de 320 kg, mesure 4,80 m et décolle à l'aide d'une fusée auxiliaire qui lui communique, en une seconde, une vitesse de 1280 km/h. Le départ s'effectue avec une extrême rapidité ; une fois son combustible épuisé, la fusée auxiliaire est larguée automatiquement et la fusée ionosphérique poursuit seule sa course.

A l'encontre de la V-2, le nouvel engin est utilisé à des fins pacifiques et adapté aux besoins des services météorologiques de l'armée ; équipé d'appareils spéciaux de contrôle logés dans sa tête très effilée avec les appareils de transmission radioélectriques, il permet d'étudier les couches situées au-dessus de la troposphère et doit apporter de précieux renseignements sur leur température, les gaz que l'on y trouve, les rayons cosmiques, etc. Lors des premiers essais, la fusée s'éleva à une hauteur de 70 km et, récemment, atteignit 110 km, étendant ainsi le domaine des recherches de la stratosphère à l'ionosphère. Parvenue à cette altitude, elle redescend avec une vitesse très élevée, de 4 800 km/h environ à son arrivée au sol. La descente peut être freinée à l'aide de deux parachutes, l'un pour le compartiment portant les instruments de mesure, l'autre pour le corps de l'engin.

Dernièrement, au désert du Nouveau-Mexique, a eu lieu le premier lancement d'une V-2 allemande capturée par l'armée américaine. Prévoyant l'utilisation de cette fusée au transport de charges atomiques dans la guerre future, l'armée a effectué au cours de cet été une série de lancements qui lui permettront non seule-

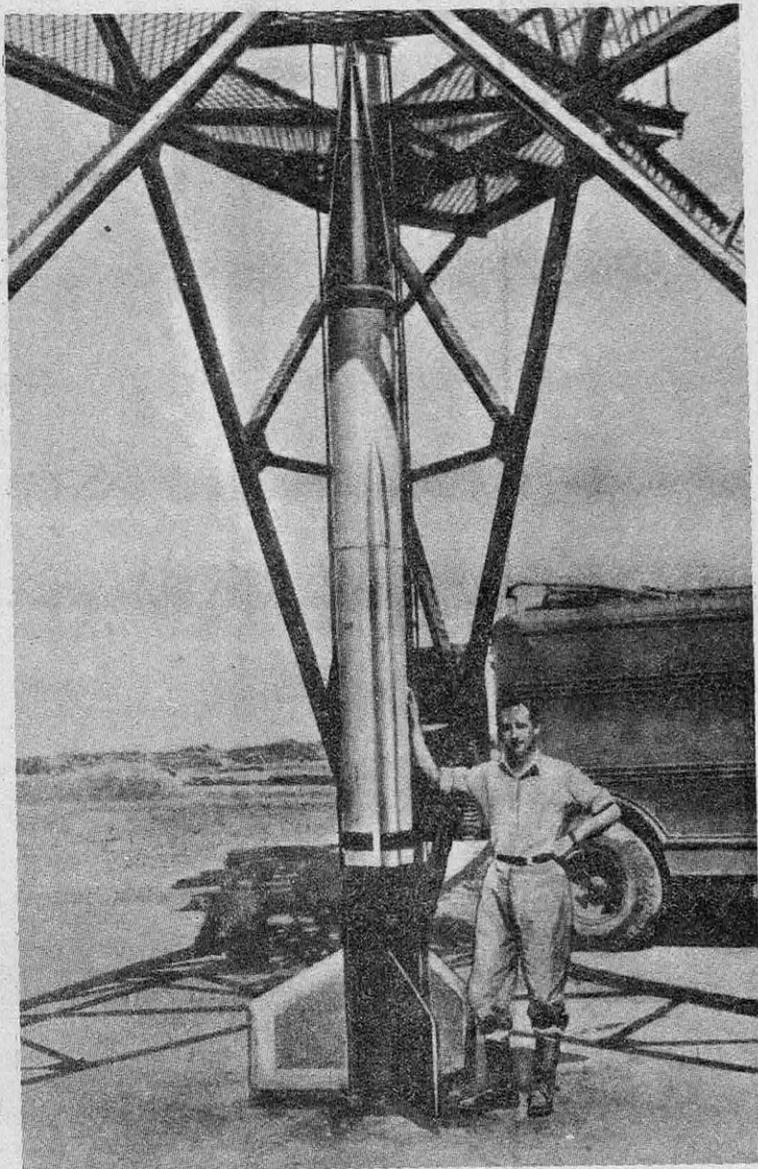


FIG. 1. — LA FUSÉE IONOSPHERIQUE DÉRIVÉE DE LA V-2 ALLEMANDE AU BAS DE SA TOUR DE LANCEMENT

ment d'étudier la V-2 elle-même, mais de mettre au point les radars de détection de l'engin en vol.

La partie principale de la fusée est remplie entièrement d'alcool et d'oxygène liquide, introduits à haute pression dans la chambre de combustion où le mélange est enflammé. Dans

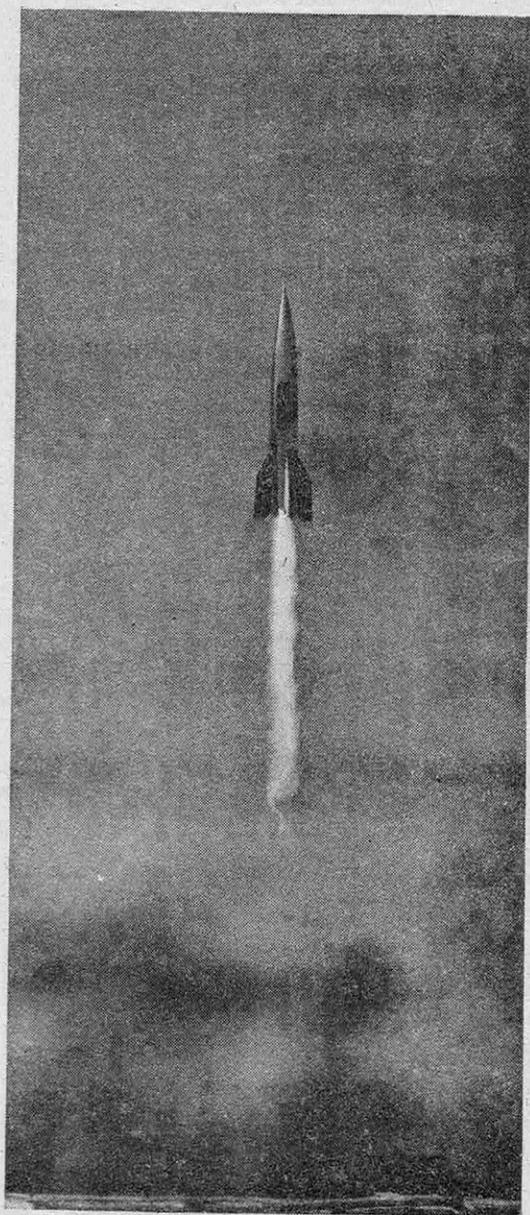


FIG. 2. — LE LANCEMENT D'UNE V-2 EXPÉRIMENTALE DANS LE DÉSERT DU NOUVEAU-MEXIQUE

le nez, se trouvent normalement la charge explosive et les gyroscopes de position dont le contrôle sur les dérives provoque en temps voulu le changement de direction de la V-2 qu'ils orientent vers l'objectif. Le moteur se trouve dans la queue.

Dans les V-2 expérimentées par l'United States Navy au terrain d'essais de White Sands à Las Cruces (Nouveau-Mexique), le compartiment situé à l'extrême avant est aménagé comme un véritable laboratoire. On y trouve rassemblés côte à côte des instruments classiques, baromètres et thermomètres, des batteries de compteurs de Geiger et des écrans de plomb de diverses

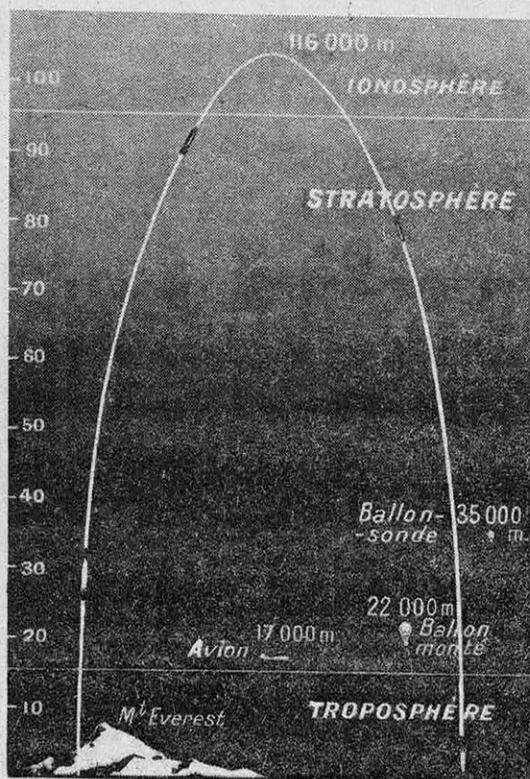


FIG. 3. — LA TRAJECTOIRE DE LA V-2 IONOSPHERIQUE

épaisseurs pour l'étude de la radiation cosmique. La plupart des mesures ainsi faites sont transmises d'une manière continue et automatiquement aux observateurs au sol, par radio. Les antennes, pour le guidage de l'engin et pour le répondeur de radar, sont disposées à l'arrière et fixées sur l'empennage, tandis que celles pour la transmission à distance des mesures dans l'ionosphère consistent en fils métalliques tendus entre l'empennage et la partie moyenne de la fusée.

Le départ d'une V-2 s'effectue lentement, suivant la verticale, et la fusée s'élève d'abord avec une faible vitesse qui n'est guère que de 95 km/h à 50 m de haut. Puis la vitesse croît rapidement et, avant la fin de la première minute, atteint la valeur de 4 500 km/h. Lors de leur essai, c'est à ce moment que les Américains, par radio, arrêtaient le moteur afin d'éviter la chute de l'engin au-delà des terrains d'expérience. Cinq minutes après le décollage, la V-2 arrivait au sol où elle creusait une excavation profonde, à 60 km de son point de lancement. Elle s'était élevée à 116 km de hauteur.

Au cours d'essais ultérieurs, une fusée de même modèle atteignit 167 km d'altitude.

On notera, d'après la photographie de la fusée du « California Institute », la recherche extrême de la finesse, plus poussée encore que sur la V-2. Elle a permis d'atteindre une altitude du même ordre malgré un poids environ quarante fois moindre. Il est probable également que la propulsion à poudre, plus légère, a été utilisée à la place du mélange oxygène liquide-alcool.

Y. LE VERNIS.

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

LA CONSERVATION DES BOIS PAR LES ARSÉNIATES

Les bois exposés aux intempéries, poteaux télégraphiques et traverses des voies ferrées, pourrissent très vite sous l'action de champignons microscopiques, toujours présents; le plus déprédateur et le plus répandu est le *Merulius lacrymans*. Pour que ces bois durent plusieurs années, il faut les imprégner d'un « fongicide ». Le fongicide le plus employé pour les traverses est l'huile de créosote, qui présente l'inconvénient d'être assez coûteuse et d'exiger l'emploi d'un matériel important: le bois à imprégner est placé dans de grands autoclaves où l'on fait le vide; puis on introduit la créosote et l'on maintient une pression de 8 à 10 kg/cm² pendant un temps assez long et qui varie avec les dimensions et la nature des bois.

En Suède, la Société minière Boliden disposait en quantité surabondante d'un sous-produit de grillage des minerais arsénifères, l'anhydride arsénieux, qui n'est autre que l'arsenic du commerce, ou « mort-aux-rats », matière première à partir de laquelle on prépare facilement les arsénites et les arsénates employés en agriculture comme insecticides. Ces sels étant d'excellents fongicides, la Société Boliden s'est proposé d'utiliser les arsénites et les arsénates pour imprégner les bois.

Les difficultés rencontrées furent nombreuses: il fallait choisir, parmi les nombreux arsénites et arsénates métalliques, ceux qui, de prix de revient économique d'une part, étaient, d'autre part, assez insolubles pour résister au lessivage par les eaux de pluie (les arsénites et arsénates alcalins sont trop solubles), tout en pouvant facilement être introduits et fixés dans le bois.

Le bois de cœur, même très sec, et surtout celui des résineux, seules essences à considérer, se laissent déjà assez difficilement pénétrer par les solutions salines; il ne fallait donc pas songer à y introduire directement un sel insoluble qui aurait colmaté les premières couches traversées. On pouvait songer soit à introduire une solution d'un arséniate, insoluble dans l'eau, mais soluble dans un solvant volatil, comme l'acide acétique ou l'ammoniaque, que l'on aurait ensuite éliminé et récupéré par chauffage léger, soit à introduire successivement un arséniate alcalin soluble, puis le sel soluble d'un métal lourd précipitant, par double décomposition avec le premier, l'arséniate insoluble de ce métal lourd. Mais le premier procédé exigeait l'emploi d'un solvant coûteux, très incomplètement récupéré, et le second nécessitait deux traitements successifs.

Le problème a été résolu en 1933, par l'emploi d'une solution du mélange dit « sel Boliden », composé de proportions convenables d'arséniate disodique, d'acide orthoarsénique libre, de sulfate de zinc et de bichromate de sodium; ce dernier corps est réduit par les substances organiques du bois en sel de chrome qui, par double décomposition avec les autres composants du sel Boliden, donne de l'arséniate de chrome insoluble, de l'arséniate de zinc insoluble et du sulfate de zinc inerte.

La solution de sel de Boliden n'attaquant pas le fer comme les sels cuivrés ou mercuriques, et même le protégeant contre la corrosion, l'opération peut être faite sur l'emplacement même des coupes, dans des bacs en tôle d'acier munis de couvercles autoclaves; le bois empilé dans ces bacs est d'abord soumis pendant dix à douze heures à un courant de vapeur à très basse pression, puis on y envoie la solution froide que l'on laisse vingt-quatre heures;

les bois sont ensuite exposés à l'air pour les sécher, tandis que la réaction s'achève.

On consomme, par mètre cube de bois sec, 250 kilogrammes d'une solution contenant de 1 à 1,2 % d'acide arsénique; il suffit que la solution Boliden imprègne tout l'aubier (qui représente 60 % du poids total); l'aubier à l'état sec renferme alors 1 % de son poids d'acide arsénique, soit dix fois plus qu'il n'en faut pour assurer la protection.

Des essais très sévères (quelques-uns ont atteint une durée de six ans) qui ont été entrepris par des organismes officiels en Suède, en Norvège, en Australie, en Afrique du Sud, aux Indes, aux États-Unis et dans la zone du canal de Panama, ont montré que le bois ainsi traité résiste pendant des années au lessivage par l'eau de pluie. Il n'a rien perdu des propriétés mécaniques du bois naturel et on peut l'usiner et le peindre de la même façon; exposé au dehors, sa durée de conservation est au moins égale à celle que procure la créosote. Il est inodore, coloré en vert pâle par l'arséniate de chrome et légèrement ignifugé; on peut le manipuler sans courir le risque d'une intoxication. Enfin, il résiste à l'attaque des termites et du taret.

La France métropolitaine pouvant produire plus d'arsenic que notre agriculture n'en peut consommer, il n'est pas sans intérêt de signaler ce procédé d'une application facile et économique.

UNE MAISON FABRIQUÉE EN 24 HEURES

La crise mondiale du logement a fait naître, notamment en Amérique, des solutions originales pour la construction rapide d'habitations. Le ciment et le béton faciles à couler dans des moules devaient naturellement atti-

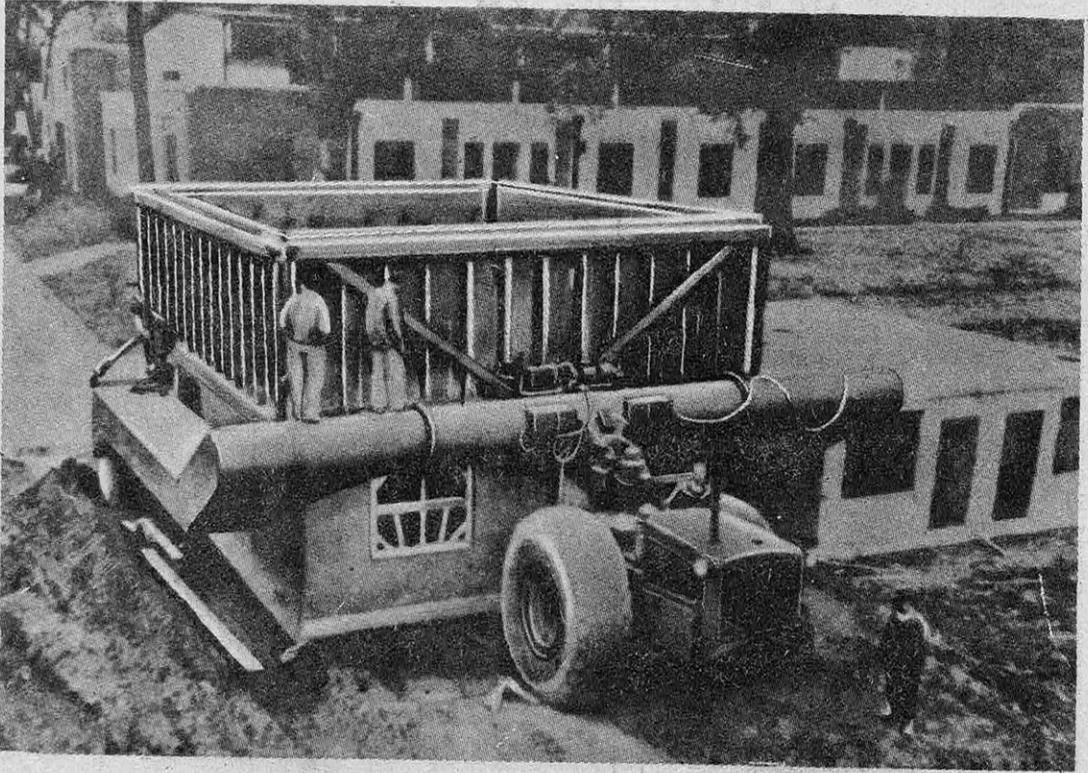


FIG. 1. — LE MOULE EN PLACE POUR LE COULAGE DU BÉTON

rer la sagacité des chercheurs. Nos lecteurs connaissent déjà l'igloo de ciment obtenu par projection de ce matériau sur un ballon gonflé et qui peut servir de cellule initiale à la construction de plusieurs pièces communicantes (1).

Un autre système a été imaginé récemment en Amérique. Il consiste en un moule de grandes dimensions, monté sur quatre roues à pneumatiques de 3,6 m de diamètre, que l'on amène simplement au-dessus de l'emplacement choisi et que l'on fait reposer sur les fondations préparées. Du béton est alors coulé dans le moule.

Lorsque la prise est jugée suffisante, le moule est soulevé verticalement ; il est prêt à recommencer le même travail en un lieu voisin.

Évidemment, la maison n'est pas terminée, mais les murs et les ouvertures, portes et fenêtres, sont en place. L'inventeur, M. R.-G. Le Tourneau de Peoria (Illinois) est prêt à lancer la fabrication en série de cette machine.

(1) Voir : « La maison préfabriquée » (Science et Vie, n° 337, octobre 1945).

DE L'EAU POTABLE A PARTIR DE L'EAU DE MER

LE service scientifique de l'Amirauté britannique a poursuivi, dès le début de la guerre, d'importantes recherches pour la transformation de l'eau de mer en eau potable. Il existait déjà différents appareils de distillation : l'alambic Visscher, utilisant la chaleur du corps humain ; l'alambic Delano, utilisant la chaleur solaire (1), un autre alambic à charbon, mis au point en 1941. Mais tous présentaient de graves inconvénients : ils étaient encombrants, ou fragiles, ou utilisables seulement dans des conditions particulières. On voulait un procédé permettant aux naufragés de survivre en attendant l'arrivée des secours ; il fallait donc un appareil léger, de petites dimensions et dont le mode opératoire fût simple.

On adopta finalement une méthode chimique fondée sur

(1) Voir : « Un distillateur solaire » (Science et Vie, n° 333, juin 1945, p. 262).

l'emploi des échangeurs d'ions, tels que les *zéolithes*. Rappelons que l'on groupe sous ce nom des silicates tétrasiliciques d'aluminium qui, comme la *permutite* (utilisée pour abaisser le degré hydrotimétrique de l'eau, autrement dit sa « dureté », qui traduit sa teneur en sels calcaires), ont la propriété de fixer les sels que les eaux contiennent.

C'est ainsi que la zéolithe d'argent réagit sur le chlorure de sodium en solution pour donner deux solides insolubles : la zéolithe de sodium et le chlorure d'argent.

L'expérience fut étendue à l'eau de mer, qui contient, en dehors du chlorure de sodium, une proportion élevée de chlorure de magnésium, de sulfate de calcium et de magnésium. On trouva qu'une zéolithe mixte d'argent et de baryum en proportions convenables donnait le meilleur rendement pour la transformation simultanée des chlorures et des sulfates. Pour éliminer les ions magnésium, il fallut modifier la préparation de cette zéolithe mixte en faisant passer de l'eau de baryte sur la zéolithe d'argent : une partie de

l'argent se retrouve ainsi à l'état d'oxyde disséminé dans la masse. Le chlorure de magnésium de l'eau traitée donne alors, d'une part, de la magnésie insoluble, d'autre part, du chlorure d'argent également insoluble.

Une fois le procédé mis au point chimiquement, il s'agissait de réaliser l'appareil. A cet effet, on comprima les réactifs sous forme de briquettes dures et compactes auxquelles on incorpora du charbon actif, qui a la propriété de purifier l'eau ; à ce mélange on ajouta de la terre à foulon activée afin de provoquer la désagrégation rapide des briquettes au contact de l'eau.

Dans sa forme définitive, l'appareil se compose d'un sac caoutchouté filtrant dans lequel on place neuf petits sacs contenant les briquettes d'agglomérés ainsi maintenues au sec avant leur utilisation. L'eau de mer est versée dans le sac et fortement secouée en présence des charges de réactifs ; elle est ensuite filtrée en pressant le sac, dans lequel restent les précipités insolubles, tandis que l'eau potable est recueillie dans une boîte transparente en perspex.

Chaque charge fournit environ 0,28 l d'eau potable, ce qui fait environ 2,5 l pour les neuf briquettes. Les dimensions de l'appareil sont de 7,6 x 7,6 x 11 cm ; il produit donc plusieurs fois son volume d'eau potable.

Ce procédé s'est montré extrêmement efficace, et les commandes initiales pour la marine britannique et la Royal Air Force ont porté sur 340 000 appareils.

Dans la seule année 1943, 1 684 aviateurs tombés dans les eaux de Grande-Bretagne ont pu être sauvés. Un grand nombre de naufragés lui doivent la vie.

AVEUGLES ET CONTROLE DE PRÉCISION

LA récente démonstration effectuée à la manufacture américaine de roulements à rouleaux Timken a fait naître l'espoir aux milliers d'aveugles qui recherchent une situation dans l'industrie, grâce à un appareil qui leur permet de contrôler avec précision une production industrielle. En l'es-

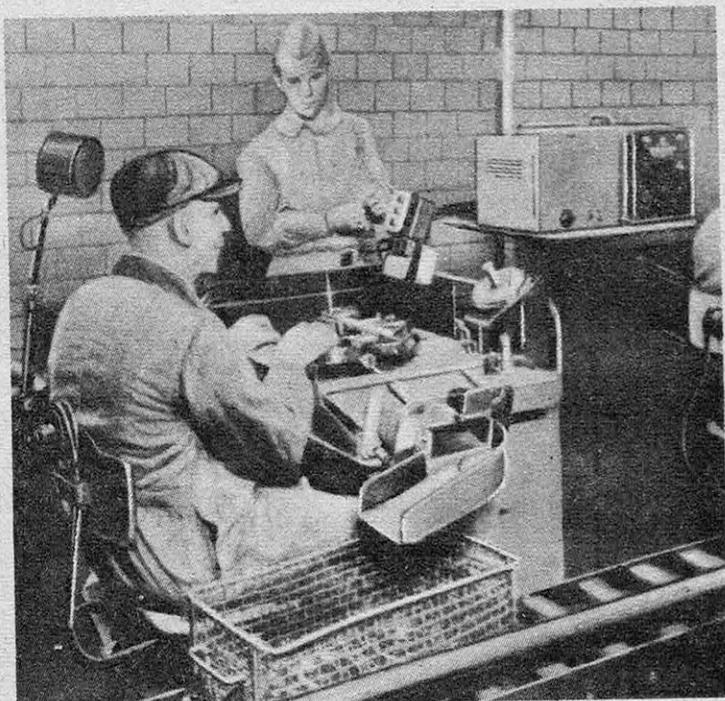


FIG. 2. — L'AVEUGLE AU TRAVAIL DE CALIBRAGE

pièce, il s'agissait de vérifier les diamètres extérieurs de rouleaux de roulement et l'expérience a montré qu'un aveugle pouvait effectuer ce travail avec une rapidité au moins aussi grande qu'un opérateur doué d'une vue normale.

Le principe de ce dispositif consiste à produire une émission sonore différente selon que la pièce examinée est correcte, trop faible ou trop forte, grâce à un oscillateur à fréquence audible alimentant un haut-parleur fixé au dossier de la chaise de l'ouvrier.

Pour des « voyants », on utilise dans ce but des contrôleurs électriques ou mécaniques du type à cadran qui amplifient pour la lecture les variations de diamètre des pièces soumises à l'examen. Ce contrôle est nécessaire, bien que les organes des roulements soient usinés avec soin et se rapprochent très étroitement des dimensions réelles spécifiées pour les diverses pièces. De sa précision dépend la bonne qualité du roulement.

Pour les aveugles, le contrôle visuel est ainsi remplacé par un contrôle audible. Un signal aigu indique que la pièce soumise à l'épreuve dépasse les cotes prévues, un son grave

correspond aux pièces trop faibles et un son de tonalité moyenne se fait entendre pour les pièces remplissant les conditions voulues. Dans les deux premiers cas, l'opérateur élimine les organes défectueux alors qu'il laisse passer les autres.

Les trois tonalités différentes sont produites dans le circuit d'un oscillateur électronique contrôlé par des relais reliés à trois indicateurs lumineux, rouge, vert et orange correspondant chacun à une tonalité. Ainsi la lampe rouge s'allume,

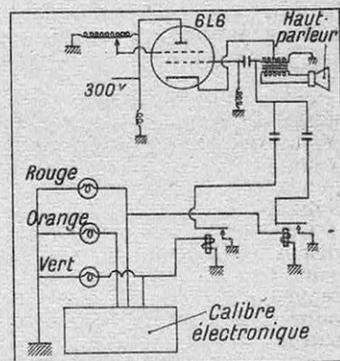


FIG. 3. — SCHÉMA DU CIRCUIT DONNANT DES INDICATIONS LUMINEUSES

comme le son aigu se fait entendre, pour les pièces trop fortes, la verte (son grave) pour celles de dimensions trop faibles, l'orange (son moyen) pour les organes corrects. Ces lampes fournissent au spécialiste qui surveille le travail un rapide contrôle visuel de l'efficacité du contrôle. Celle-ci est telle que, lors du réglage de l'appareil pour une nouvelle série de pièces, au moyen d'un calibre-étalon, la précision donnée par les deux contrôles, visuel et audible, atteint 0,000005 mm en plus ou en moins de la tolérance admise par rapport au diamètre spécifié.

Plus de deux ans de recherches ont été nécessaires pour mettre au point un appareil donnant entière satisfaction. On fit appel tout d'abord à un calibre Braille (c'est-à-dire où l'aveugle utilise son sens aigu du toucher) dans lequel la pièce était poussée entre deux pointes, représentant son propre diamètre, sur une plaque horizontale connectée électriquement à un doigt. Le contact de la pièce soulevait verticalement la première, la deuxième ou la troisième de trois pointes et, au toucher, l'aveugle en déduisait la conformité ou la défectuosité de la pièce. Trop compliqué, ce système ne pouvait recevoir de longues applications.

L'idée d'un calibre électronique fut suggérée à un ingénieur de la firme, familier des signaux utilisés pour le guidage des avions, à savoir l'émission, en Morse, des lettres A (—) et N (— ·) indiquant l'une que l'avion est à droite de sa route, l'autre qu'il est à gauche, et la superposition donnant un son continu qu'il est sur la bonne voie. Ici, l'émission de la lettre A était réservée aux pièces trop petites, N aux pièces trop grosses, et le son continu aux pièces exactes. Mais de petites irrégularités de surface de la pièce provoquaient des interférences dans la transmission des signaux et le système fut abandonné.

On essaya alors un nouveau dispositif électronique produisant un son aigu, grave ou moyen, dans des écouteurs et, pour combattre la fatigue résultant de la continuité du son, on installa une cellule photoélectrique utilisant un pinceau de lumière traversant le bloc calibre et provoquant l'extinction du son lorsqu'au-

cune pièce ne se trouve en essai. Cet appareil fut encore éliminé, l'opérateur portant le casque téléphonique se trouvant isolé de tout bruit extérieur et ayant l'impression d'être isolé du monde.

C'est alors qu'un haut-parleur fut installé sur le dossier de la chaise du contrôleur.

Enfin, pour diminuer la complication de l'appareil, la cellule photoélectrique fut supprimée et remplacée par un interrupteur situé sur la butée arrière du calibre et coupant le courant lorsqu'aucune pièce ne se trouve en essai.

RECHERCHES ATOMIQUES ET MANCHONS AUER

La métallurgie du thorium est une des plus compliquées parmi celles de tous les métaux par suite de la présence, dans les minerais qui servent de matière première et qui le renferment toujours en très petites quantités, de multiples composés de terres rares dont on le sépare difficilement.

Le thorium est très répandu dans la nature. On le trouve dans les granites de Norvège, certains calcaires, les dolomies, certaines laves, et surtout la monazite du Groenland et de Suède qui contient quelques centièmes d'oxyde de thorium ou thorie. Son prix de revient est donc toujours très élevé. La thorie est utilisée comme catalyseur dans les laboratoires de chimie organique ; elle entre dans la composition de certains filaments de chauffage de lampes à vide, des filaments pour projecteurs, des écrans pour rayons X, et est employée dans certaines recherches scientifiques spéciales. Mais l'application la plus connue du thorium, sous forme de nitrate, se rencontre dans la fabrication industrielle des manchons à incandescence, ou manchons Auer, dans laquelle on imprègne un tissu très fin de coton ou de rayonne d'une solution renfermant 99 % de nitrate de thorium et 1 % de nitrate de cérium.

Un intérêt nouveau s'attache depuis peu au thorium, car on a démontré que son noyau, comme celui de l'uranium, était susceptible de se désintégrer sous un bombardement de neutrons rapides

en donnant des réactions en chaîne avec libération importante d'énergie nucléaire. Il est très difficile de trouver, pour mener ces recherches, une source bon marché de thorium, de sorte qu'on a eu l'idée, en Grande-Bretagne, de faire appel aux manchons Auer endommagés au cours de leur transport. Convenablement traités, après de complexes opérations d'attaque par des acides divers, suivies de précipitations, les impuretés métalliques qui accompagnent le thorium sont éliminées et la thorie pure isolée.

Bien que l'éclairage au gaz cède chaque jour plus de terrain devant l'éclairage électrique, les manchons Auer avariés représentent encore une source importante de thorium pour les recherches de laboratoire, et présentent l'avantage de fournir une matière première pratiquement gratuite, où les sels de thorium sont beaucoup plus concentrés que dans la plupart des minerais naturels.

BANDES ROUTIÈRES EN MATIÈRES PLASTIQUES

Dans plusieurs comtés de Grande-Bretagne, on a abandonné le procédé aujourd'hui classique pour le tracé des bandes blanches dans l'axe des routes à grand trafic, c'est-à-dire la peinture à la main ou à l'aide de machines rudimentaires. La peinture y est remplacée par un composé à base de résines synthétiques qui, appliqué sur la surface de la route à une température de l'ordre de 115° à 130° C, y adhère fortement. L'opération s'effectue mécaniquement à raison de 1 000 à 1 200 m à l'heure. Trois minutes après l'application du produit, le trafic peut reprendre sur la route sans dommage. La bande ainsi dessinée peut être utilisée pendant douze mois sans réfection. La surface de la bande étant parfaitement mate, elle est beaucoup plus réfléchissante que celle des bandes peintes, ce qui la rend plus visible la nuit.

Jusqu'à présent le procédé n'a pu être appliqué que sur des routes à revêtements bitumineux. Des essais sont en cours pour l'étendre aux routes bétonnées.

V. RUBOR

A l'occasion du prochain
SALON INTERNATIONAL DE L'AVIATION

" SCIENCE ET VIE "

publiera un important NUMÉRO HORS SÉRIE :

AVIATION 1946

- * L'AÉRONAUTIQUE FRANÇAISE
- * L'AÉRODYNAMIQUE DES GRANDES VITESSES
- * MOTEURS ET RÉACTEURS
- * DE L'AVION CARGO A L'AVION TRANSATLANTIQUE
- * LES AVIONS DE TOURISME ET LES HÉLICOPTÈRES
- * LES BOMBARDIERS LOURDS
- * L'AVION D'ASSAUT
- * LES CHASSEURS A RÉACTION
- * L'AVION SANS PILOTE
- * LES AÉROPORTS ET LES LIGNES AÉRIENNES

**CARACTÉRISTIQUES, DESSINS, PHOTOGRAPHIES EN NOIR OU EN COULEURS
DE TOUS LES AVIONS MODERNES DU MONDE ENTIER — PLUS DE 150 PAGES**

CET OUVRAGE A ÉTÉ RÉALISÉ PAR

" SCIENCE ET VIE "

AVEC LA COLLABORATION DE **CAMILLE ROUGERON**

RETENEZ AUJOURD'HUI CE NUMÉRO A TIRAGE LIMITÉ QUI VOUS SERA ADRESSÉ FRANCO DÈS SA PARUTION CONTRE LA SOMME DE 120 FRANCS (100 FR. si vous êtes abonné). Indiquer le numéro de votre abonnement sur le talon du chèque postal.

N. B. — Seuls les versements au Compte Chèque Postal PARIS 1258-63 (mandats roses ou virements, à l'exclusion des mandats-poste et chèques bancaires) sont acceptés.

SCIENCE ET VIE PRATIQUE

JEUNES ! APPRENEZ UN MÉTIER D'AVENIR

Faites-vous une situation intéressante dans Industrie et Commerce Auto en suivant nos cours par correspondance qui feront de vous techniciens et mécaniciens de premier ordre. Prépar. brevet automob. militaire (armée motorisée).

COURS TECHNIQUES AUTO.
Saint-Quentin (Aisne). Rens. grat. sur demande.

REVUES CIRCULANTES 75% D'ÉCONOMIE

Toutes vos revues préférées littéraires, illustrées, artistiques et scientifiques à prix réduit. Pour une dépense équivalente à un seul abonnement ordinaire, vous pouvez lire deux ou trois revues. Tarif S franco. **MON FOYER**, 63, r. Bourgoigne, ORLÉANS.

L'AVIATION OFFRE A NOUVEAU LE PLUS BEL AVENIR



Les sorties d'usines s'accroissent, de nombreuses compagnies civiles se créent, l'aviation militaire se réorganise : les besoins sont immenses.

Préparez sans attendre... CHEZ VOUS :

JEUNES GENS, la carrière d'aviateur. **AVIATEURS**, les brevets civils. **SOUS-OFFICIERS**, les E. O. A., sous la direction d'un général d'aviation — celui qui créa l'École de Guerre aérienne — et qui quitta volontairement l'armée pour se consacrer à la préparation des jeunes.

INSTITUT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

24, rue Joffroy (Serv. 36)
PARIS (17^e)

Le même Institut forme également des **SPÉCIALISTES RADIO EN SIX MOIS** par correspondance.



C'est la seule École fournissant tout le matériel pour construire sous le contrôle de ses professeurs **deux postes complets** dont un super de grande classe en par-

fait ordre de marche avec 6 lampes et haut-parleur, qui, en restant votre propriété, remboursera vos frais d'études. Électricité, radio, télévision, radar à la portée de tous par Technique nouvelle.

MIEUX QU'UN PINCEAU : LA SPATULE FLEXO



Tout usager de colle blanche avait fait la remarque, très exacte d'ailleurs, que la colle en séchant agglutinait les soies du pinceau, le transformant en « un bout de bois ». Plus grave et conséquence de la guerre il n'y a plus de bonnes soies sur le marché, donc plus de bons pinceaux.

Instruits par une longue expérience, animés du souci de la perfection, les **Etablissements Corector**, fabricants de l'**ADHÉSINE**, ont cherché et trouvé la solution idéale : la **SPATULE FLEXO**.

Fabriquée en caoutchouc souple, la **SPATULE FLEXO** est supérieure au pinceau, tant pour amollir la surface de la colle, que pour l'étendre.

Sans augmentation de prix, tous les pots **ADHÉSINE** — à l'exception du pot écolier — sont désormais livrés avec une spatule **FLEXO**.

Rappelons enfin que l'**ADHÉSINE**, triple colle blanche parfumée, est idéale pour coller photos, papiers, cartons, étoffes, etc...

EN VENTE PARTOUT.

VERRES DE CONTACT

« LES YEUX DES JEUNES »

Tous les lecteurs de *Science et Vie* connaissent les avantages optiques des verres de contact français R. A. **DUDRAGNE** (Voir *Science et Vie* de mars).

Minces cupules en matière plastique transparente et incassable, les **VERRES DE CONTACT** se placent directement sur l'œil, sous les paupières, supprimant les lunettes.

Parfaitement invisibles, protégeant efficacement les yeux, les **VERRES DE CONTACT** se recommandent aux jeunes femmes et aux jeunes gens soucieux de l'esthétique de leur visage et désireux de pratiquer tous les sports : boxe, natation, football, alpinisme, etc.

Brochure documentaire franco sur demande. R.-A. **DUDRAGNE**, ingénieur-opticien, 49, boulevard de Courcelles, Paris (VIII^e). Téléphone : Wagram 48-27.

Ouvert tous les jours, sauf le samedi.
Métro : Courcelles.

AVIATION

Désormais, les charpentes des modèles réduits peuvent être montées sans colle grâce à un nouveau procédé breveté.

Caractéristiques : construction très rapide, simplicité, solidité étonnante, légèreté.

Un beau cadeau pour vos enfants : le matériel pour la construction de deux planeurs vous sera envoyé franco contre mandat de 225 francs à Pierre Corbet, Villebois (Ain). C. C. P. Lyon 2084-41.

DOUBLEZ LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE DE VOTRE COMPTEUR

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

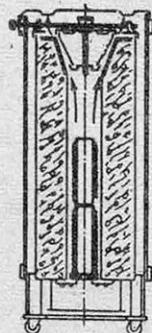
Or, par suite de la pénurie des compteurs, beaucoup d'usagers ne peuvent obtenir des secteurs les augmentations de puissance nécessaires à un chauffage plus efficace.

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

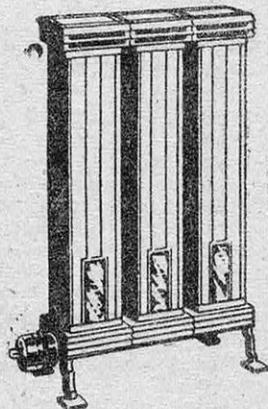
En effet, les radiateurs à accumulation **NORDIA**, composés d'éléments de 1 000, 1 500 ou 1 800 watts juxtaposables, brûlent le courant de nuit, emmagasinant la chaleur qu'ils restituent pendant le jour. Les radiateurs à chauffage direct, composés d'éléments en fonte de 500 watts juxtaposables, doublent les possibilités de chauffage en brûlant le courant de jour.

Nos radiateurs sont brevetés, garantis 3 et 5 ans et d'un rendement calorifique élevé.

Renseignements et prix sur demande :
NORDIA, ATELIER 30
4, cité Griset, PARIS (11^e). - OBERKAMPF 10-27.



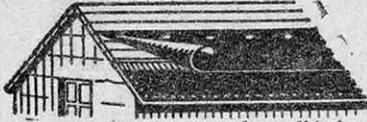
Coupe d'un élément **NORDIA** à accumulation.



3 éléments **NORDIA** à chauffage direct.

CONTRE LA PLUIE ET L'HUMIDITÉ

Qu'il s'agisse de la couverture de bâtiments légers, de clapiers, de ruchers ou de la réparation de toitures ;
Qu'il s'agisse de protéger des murs extérieurs ou intérieurs, des planchers ;
Qu'il s'agisse enfin de problèmes d'étanchéité ou d'isolation,



Nous vous recommandons, l'Asfeutroid, le feutre asphalté solide. Ce matériau de qualité est fait d'un feutre spécial composé de 75 p. 100 de chiffons, imprégné, puis chargé sur ses deux faces, d'asphalte de pétrole.
Convenablement posé, il dure de très longues années. L'ASFEUTROID est en vente chez les marchands de matériaux et les quincailleries.

Documentation. L'ASFEUTROID, 216, rue Lecourbe, PARIS (15^e).

12 A 18.000 FRANCS PAR MOIS

Salaires officiels du Chef Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'Etat qui vous assurera une situation commerciale ou libérale. Demandez le guide gratuit N° 15 « Comptabilité, tremplin du succès », à l'Ecole Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris.

MÉTIER D'AVENIR

LA RADIO VOUS PERMETTRA DE GAGNER D'AVANTAGE

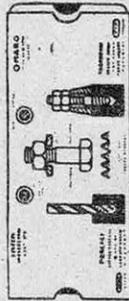
La France offre en ce moment un vaste champ d'action pour les techniciens dans la Radio et ses applications.

Sans abandonner vos occupations ni votre domicile et en consacrant seulement une heure de vos loisirs par jour, vous pouvez vous créer une situation enviable, stable et très rémunératrice. Il vous suffit de suivre notre méthode facile et attrayante d'enseignement par correspondance, comportant des travaux pratiques sérieux. Aucune connaissance spéciale n'est demandée. Vous deviendrez ainsi facilement et rapidement radiotechnicien diplômé, artisan patenté, spécialiste militaire, chef-monteur industriel et rural.

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

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

CURSEURS OMARO PROBLÈME POSÉ : LA LECTURE DIRECTE DE SA SOLUTION



Les curseurs OMARO sont des règles à barèmes ou à calcul à lecture objective. De nombreux modèles concernant l'industrie, les mathématiques ont été réalisés. Plus de 25 modèles actuellement en vente, de 40 à 250 francs. Indispensables à tous les ingénieurs, bureaux d'études, étudiants. Excellent moyen de publicité par l'objet pour commerce, industrie, Documentation franco OMARO, 13, rue de la Nation, Paris (XVIII^e). (MONTMARTRE 21-65.)

LOCATION DE FILMS

Pour distraire les enfants, en famille, à l'école ou au patronage, **TOUT PHOTO**, 64, rue de Turbigo, à Paris (Arch. 71-09), tient à votre disposition une collection **PATHE-BABY** de beaux films ou simplement de films amusants qui peuvent vous être loués. Vous trouverez également à cette adresse des **JOUETS SCIENTIFIQUES MODERNES, DES PROJECTEURS ET DES CAMERAS**



FILTRE GAZ-OIL SOFRANCE-DIESEL

La série des appareils SOFRANCE se continue par une nouveauté, réclamée depuis longtemps par les usagers de SOFRANCE-HUILES (voir *Science et Vie* de février, mars, avril, mai, juin, août).

Le SOFRANCE-DIESEL répond au besoin d'épuration du gas-oil, avant son arrivée à la pompe d'injection, évitant l'usure prématurée de celle-ci et aussi celle des injecteurs. La finesse de filtration — 1/20 de micron — arrête au passage toutes les impuretés dont l'eau et le soufre en suspension colloïdale.

A l'originalité de sa conception, que l'on retrouve dans toutes les fabrications SOFRANCE, il convient de mentionner la marche et le nettoyage automatiques de l'appareil DIESEL, enfin sa robustesse et la durée des filtres spéciaux, calculés pour travailler 10 000 heures.

Description. — L'appareil se compose de trois corps isolés :

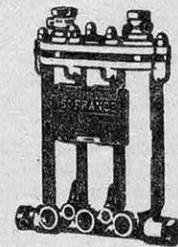
A, B, C, portant chacun un élément filtrant.

D représente la rampe d'alimentation ;

H, la rampe de sortie du gas-oil filtré ;

E, F, G, les trois vis commandant un système à tiroir pour l'alimentation ou la vidange des corps filtrants.

I, un clapet de vidange prévu pour éviter la surpression.



Fonctionnement. —

Le gas-oil arrive sous pression normale par la rampe D, pénètre dans les cuves A, B, C, traverse les éléments filtrants, laissant à leur périphérie toutes les impuretés, et sort filtré par la rampe H, branchée sur la pompe d'injection.

Nettoyage de l'appareil. — Il faut dégraisser les éléments filtrants en principe chaque semaine, ou dès que le besoin s'en fait sentir. Le nettoyage est automatique et dure environ dix minutes.

Le moteur marchant au ralenti, dévisser la vis G.

Remarquer que le gas-oil ne peut plus pénétrer dans la cuve C et que celle-ci est reliée à l'air libre — jeu du tiroir cité plus haut.

Les cuves A et B suffisent à alimenter le moteur, mais par suite de la dépression de la cuve C, du gas-oil épuré passe à contre-courant, dans son élément filtrant, chassant toutes les impuretés accumulées sur sa surface extérieure.

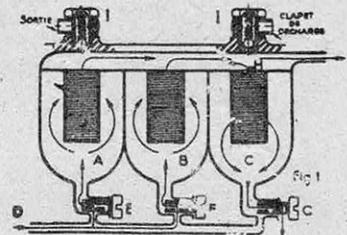


Schéma de marche de l'appareil en cours de nettoyage, A et B fonctionnent normalement, C est nettoyé par le contre-courant de gaz-oil filtré.

La même opération se fait alternativement sur les corps A et B et l'appareil est nettoyé.

SOFRANCE-DIESEL est indispensable à la marche normale de tous les moteurs de ce type (fixes, marins, camions, tracteurs, drailles, autocars, autorails, etc...).

Documentation sur demande.

Ces filtres sont fabriqués par la Société des Filtres français SOFRANCE, 1, boulevard de Fleurus, Limoges, et à Paris, 206, boulevard Pereire. (ÉTOILE 35-19.)

Après **SCIENCE ET VIE !!.**

La lecture de Bons
LIVRES TECHNIQUES
s'impose

LA LIBRAIRIE DESFORGES

29, Quai des Grands Augustins.
PARIS (VI^e)

Peut vous fournir les
MEILLEURS TITRES
disponibles de tous
les éditeurs.

Demandez-lui
UNE DOCUMENTATION
(en précisant votre désir)
et l'envoi de sa

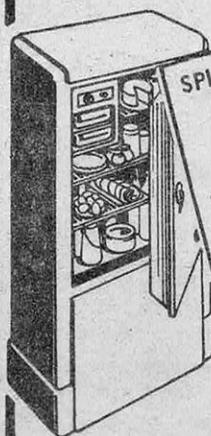
BIBLIOGRAPHIE
DES NOUVEAUTES
(Joindre 5 f. en timbres)

" DESFORGES "

LA LIBRAIRIE TECHNIQUE DE PARIS



QUALITÉ D'AVANT GUERRE



SPLENDIDES APPAREILS
FRIGORIFIQUES
ÉLECTRIQUES
AUTOMATIQUES

Pour besoins domestiques :
180 LITRES

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

Pour tous commerces
1 M² 200 et 2 M²

Tous renseignements franco

GLACIÈRES A GLACE

le Froid National

BUREAUX ET MAGASINS D'EXPOSITION :
1, RUE DE STOCKHOLM, 1
PARIS (Métro Gare St-Lazare) LAB. 31-08

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° 31020. CLASSES SECONDAIRES COM-
PLÈTES : Baccalauréats.

N° 31021. CLASSES PRIMAIRES COM-
PLÈTES : Brevets.

N° 31022. ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :
Licence ès Lettres.

N° 31023. COURS D'ORTHOGRAPHE.

N° 31024. COURS DE RÉDACTION.

N° 31025. FORMATION SCIENTIFIQUE :
(Math., Phys., Chimie).

N° 31026. DESSIN INDUSTRIEL.

N° 31027. INDUSTRIE : Certificats d'apti-
tude professionnelle.

N° 31028. RADIO, CERTIFICATS DE RADIO
DE BORD (1^{re} et 2^e classes).

N° 31029. COMMERCE ET COMPTABILITÉ :
Certificats d'aptitude profession-
nelle.

N° 31030. DUNAMIS (Culture mentale).

N° 31031. PHONOPOLYLOTTE (Anglais,
Allemand, Italien, Espagnol).

N° 31032. DESSIN ARTISTIQUE.

N° 31033. COURS D'ÉLOQUENCE.

N° 31034. COURS DE POÉSIE.

N° 31035. FORMATION MUSICALE.

N° 31036. INITIATION AUX GRANDS PRO-
BLÈMES PHILOSOPHIQUES.

N° 31037. COURS DE PUBLICITÉ.

N° 31038. CARRIÈRES DES P. T. T. et des
TRAVAUX PUBLICS.

N° 31039. ÉCOLES D'INFIRMIÈRES et
ASSISTANTES SOCIALES,
ÉCOLES VÉTÉRINAIRES.

Plus de mille succès aux examens officiels en 1945

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

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

TOUS LES JEUNES GARÇONS et FILLES

Sans quitter vos occupations, devenez

RADIO-TECHNICIENS

ou

DESSINATEURS INDUSTRIELS

en suivant les cours de

l'École Spéciale des Techniques Modernes

14, rue Volta, TOULOUSE

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

Enseignement prémilitaire Radio approuvé par le Ministère de l'Air.

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

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

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



MONACO

Les Secrets DU DESSINATEUR ET DU PEINTRE

Si vous voulez devenir un Artiste à votre tour, connaître les joies incomparables du Dessinateur et du Peintre, améliorer votre situation pécuniaire, VIVRE vraiment, vous le pouvez désormais grâce aux secrets qui vous seront révélés par l'extraordinaire Méthode par Correspondance **Voir, comparer, traduire**, dont seule l'ÉCOLE INTERNATIONALE a le droit de vous faire bénéficier.

Reclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'ÉCOLE INTERNATIONALE (Service T 5) Pie de Monaco



BELLE SANGUINE
EXÉCUTÉE PAR NOTRE ÉLÈVE M^{lle} G.V. de GRENOBLE

Joindre 10 frs à votre lettre pour frais de poste et écrivez tristement vos noms et adresse.

Dans la Radio et l'Électricité

"En moins d'un an j'ai pu gagner
12.000 frs. par mois"...

Très vite, j'ai su faire des dépannages et des installations d'écoutes. Maintenant, je construis des postes et je gagne bien ma vie...

Voilà ce que nous dit un de nos anciens élèves.

Des centaines de références semblables nous parviennent chaque mois de tous pays.

SANS QUITTER VOTRE EMPLOI



C'est en vous exerçant sur un matériel véritable que vous lerez des progrès rapides.

4 coffrets d'expérience sont envoyés au cours des études.

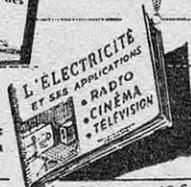
suivez notre méthode moderne d'enseignement professionnel.

Le pratique sur la théorie chez vous par correspondance.

Dés aujourd'hui demandez notre Album l'Électricité et ses Applications: Radio, Cinéma, Télévision

Nom: _____

Adresse: _____



JOINDRE 10f pour tous frais

INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TÉHÉRAN, PARIS, 8^e

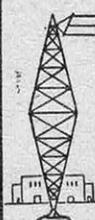


Dans L'AVIATION

Dans la MARINE



IL FAUT des RADIOS
des DESSINATEURS



ASSUREZ VOTRE AVENIR EN PRÉPARANT, SANS QUITTER VOTRE EMPLOI, PAR NOS ETUDES TECHNIQUES VOTRE SITUATION DANS L'INDUSTRIE, L'AVIATION, L'ARMÉE, LA MARINE, ETC.



TRAVAUX PRATIQUES CHEZ SOI

ÉCOLE DES SCIENCES INDUSTRIELLES

2, Rue des Tanneries, PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

A CHACUN UN POSTE DE RADIO JEUNES GENS, DEVEZ-VOUS RADIOTECHNICIENS!

Suivez nos Cours par Correspondance
**VOUS RECEVREZ GRATUITEMENT
TOUT LE MATÉRIEL NÉCESSAIRE** pour
CONSTRUIRE VOUS-MÊMES un RÉCEPTEUR MODERNE
qui RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ.

C'est en vous exerçant ainsi au montage que
VOUS DEVIENDREZ des RADIOTECHNICIENS QUALIFIÉS

Il faut des Radios dans
l'Aviation, la Marine Marchande, le Commerce
l'Artisanat, l'Administration.

Assurez-vous rapidement, grâce à nos méthodes
spéciales, une situation indépendante et des plus
rémunératrice.

5 mois d'études et vous pourrez gagner 15.000 frs. par mois
Demandez-nous notre documentation gratuite 45.

JEUNES GENS, DEVEZ-VOUS COMPTABLES AGRÉÉS!

Suivez nos cours. Nous vous préparons
aux diplômes officiels

Demandez-nous notre documentation gratuite 48.

ÉCOLE PRATIQUE D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone, 39 — PARIS (7^e)

Jeunes gens!
ASSUREZ VOTRE AVENIR
EN DEVENANT

COMPTABLE AGRÉÉ

Sans quitter votre emploi



Futurs Ecrivains

AVEZ-VOUS REÇU VOTRE EXEMPLAIRE DE L' "ART D'ÉCRIRE" ?



Quoi que vous vous
proposiez d'écrire,
ce petit livre vous
apportera des in-
formations inatten-
dus et même une
sorte de révélation.

Vous qui avez tou-
jours eu le goût d'écrire,
qu'attendez-vous pour
devenir reporter, jour-
naliste, romancier ?
Qui de vous ne garde au
fond d'un tiroir quelque
cahier où sommeillent
des souvenirs d'en-
fance, les confidences
d'une heure d'émotion,
les impressions enthousiastes
d'un charmant
et beau voyage ?

Pourquoi ne pas donner à ces notes
une forme plus achevée, en tirer contes,
nouvelles, essais, récits et articles qui
vous donneront la joie de créer, puis
celle d'être publié ? Vous pourrez égale-
ment en tirer des gains appréciables
car tous ces travaux littéraires sont au-
jourd'hui très demandés.

LES BONS RÉDACTEURS SONT RARES

Hommes et femmes de toutes profes-
sions qui voulez sortir du rang, soignez
le style de vos rapports, de vos compte-
rendus, de votre courrier quotidien. Une
lettre bien tournée peut décider de votre
avenir et vous faire conclure des affaires
importantes. Il ne dépend que de vous
d'acquérir rapidement un style clair,
précis, élégant.

L'ART D'ÉCRIRE COMPORTE UN MÉTIER

Un métier qui s'apprend, comme tous
les autres, en travaillant et en suivant
une bonne méthode. Ne négligez pas
cette possibilité plus longtemps et ren-
seignez-vous sur le Cours de Rédaction
et d'Initiation Littéraire.

Ecrivez aujourd'hui - même. Dites-
nous vos projets, donnez-nous quelques
détails. Nous vous conseillerons utile-
ment et vous enverrons gracieusement
la brochure de renseignements (Joindre
6 francs pour frais d'envoi).

ÉCOLE A.B.C. (RÉDACTION DB)
12, rue Lincoln, PARIS-8^e

LA SCIENCE DU SUCCÈS

Vous vous livrez à l'étude d'une science (mécanique, électricité, radio, etc.) pour en connaître toutes les applications permettant l'exercice d'une profession technique.

Vous devez en même temps étudier la science du succès, c'est-à-dire connaître tous les moyens vous permettant de vous imposer et de surclasser vos concurrents. Cette éducation ne consiste pas dans la seule formation intellectuelle, mais dans le développement de ressources intérieures que vous possédez déjà peut-être à votre insu, et que vous devez rendre plus méthodiques et mettre en valeur : initiative, confiance en soi, courage, volonté, optimisme, sens du réel, jugement, mémoire, etc.

Vous acquerez ces qualités indispensables pour devenir un chef en suivant l'entraînement de la Méthode PELMAN, basée sur cinquante-cinq ans d'expérience et de succès dans le monde entier.

Demandez la documentation n° VI-17.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

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

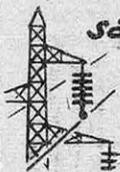


APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

*sans connaître
les mathématiques!*



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

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

BON 17 D

**COURS
PRATIQUE
D'ÉLECTRICITÉ**

222, Bd. Péreire - Paris 17^e

*Electricité, Radio,
dessin industriel,
photocopie,
photographie industrielle*

offrent aux spécialistes de nombreuses situations parmi les mieux rémunérées ; et la reconstruction du pays, en créant de nouveaux et vastes besoins en cadres, accentuera encore ces avantages.

Devenez donc rapidement un technicien averti et expérimenté.

Pour que votre préparation à ces fonctions s'entoure des meilleurs éléments de succès, et se trouve guidée par des méthodes ayant fait leurs preuves, accordez votre confiance à un enseignement qui totalise depuis des années de brillants résultats, et documentez-vous gratuitement auprès de l'

INSTITUT FRANÇAIS D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

62, Boulevard Sébastopol, Paris (3^e)

Cours du soir • Cours par correspondance

Préparation aux emplois civils, de l'Armée,
de l'Aviation, de la Marine.

**Devenez REPORTER ou
CORRESPONDANT de Presse**

SPORTIF • THÉATRAL • CINÉMA
INFORMATION • CRIMINEL • VOYAGES

En suivant notre cours de
JOURNALISME

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

TOUTS CES COURS PAR CORRESPONDANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

**SITUATIONS D'AVENIR
INDEPENDANTES ASSURÉES**

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

**ÉCOLE TECHNIQUE
DE REPORTAGE**
8, boulevard Michelet, 8
TOULOUSE



AVEC VOUS
jusqu'au succès final

RADIO-CINÉMA-AVIATION

JEUNES GENS... JEUNES FILLES...
 Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... **PRÉPAREZ-LES PAR CORRESPONDANCE**

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

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

ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE
 (Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son.)

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

Documentation S. V. gratuite



CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES de PARIS
 69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

152, avenue de Wagram - Paris (17^e) et 3, rue du Lycée - Nice

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

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

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

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

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

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

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

AVIATION CIVILE Brevets de navigateurs aériens, de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints.

ÉCOLE DE T. S. F.

JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, les mieux payées, les plus attrayantes...

sont dans la **RADIO**

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TÉLÉVISION, CINÉMA.

Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionnées depuis 1908.

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

COURS DE BATIMENT

UNE CARRIÈRE D'AVENIR

Commis, métreurs, techniciens.

Envoi franco de programme de chaque section contre 10 francs en timbres.

SUR LE PAPIER
LES TISSUS
LE BOIS
LES MAINS

avec

Erektor

*On efface comme
on écrit*



René Ravo